



國立臺北科技大學

土木工程系土木與防災碩士班  
碩士學位論文

地工泡棉(EPS)顆粒結合磁磚黏結材之性能研究

The Insulation Study of EPS Granule  
Combined with Tile Adhesive Material

研 究 生：劉怡廷

指導教授：林利國 博士

中華民國一百一十年七月

# 摘要

論文名稱：地工泡棉(EPS)顆粒結合磁磚黏結材之性能研究

頁數：九十七頁

校所別：國立臺北科技大學 土木工程系土木與防災碩士班

畢業時間：一零九學年度 第二學期

學位：碩士

研究生：劉怡廷

指導教授：林利國 博士

關鍵詞：地工泡棉、EPS、黏結強度、磁磚剝落

臺灣由於天候型態豐富且四季溫差較為極端，導致鋪貼磁磚之基礎結構層與黏貼層因熱脹冷縮的影響而易遭受到破壞，進而延伸出磁磚鼓起、黏結力差、擠壓及斷裂等問題，造成觀感不佳及人員損傷等安全風險之虞。為增加磁磚黏結力及耐久性，且達到減少人員損傷及災害發生之可能性，本研究蒐集磁磚黏結材之相關規範及統整 EPS 材料之相關研究，期藉由 EPS 材料之質量輕、施工快速、經濟性、耐水性、緩衝性及隔熱性等特性，乃以 EPS 顆粒拌合各種磁磚黏結材作為變數，探討合宜的黏結材，進而運用於建築物室內空間之磁磚工程，並透過拉拔試驗探討不同 EPS 顆粒應用於磁磚工程之可行性。經研究測試結果發現，由軟底工法進行黏貼時，水泥加海菜粉拌合 1.5mm EPS 顆粒之拉拔強度最佳，其最高強度為  $13.614 \text{ kgf/cm}^2$ ；以硬底工法進行黏貼時，益膠泥拌合 1.5mm EPS 顆粒之拉拔強度最佳，其最高強度為  $10.261 \text{ kgf/cm}^2$ 。AB 膠(一)拌合三種 EPS 顆粒時拉拔強度均較單一 AB 膠(一)佳，平均強度為  $6.050 \text{ kgf/cm}^2$ ；而 AB 膠(三)僅拌合 1.5mm EPS 顆粒時拉拔強度較單一 AB 膠(三)佳，平均為  $9.270 \text{ kgf/cm}^2$ ；其餘黏結材隨著拌合 EPS 顆粒尺寸增加，則抗拉強度會相對降低。

# ABSTRACT

Title : The Insulation Study of EPS Granule Combined with Tile Adhesive Material

Pages : 97

School : National Taipei University of Technology

Department : Graduate Institute of Civil and Disaster Prevention Engineering

Time : July, 2021

Degree : Master

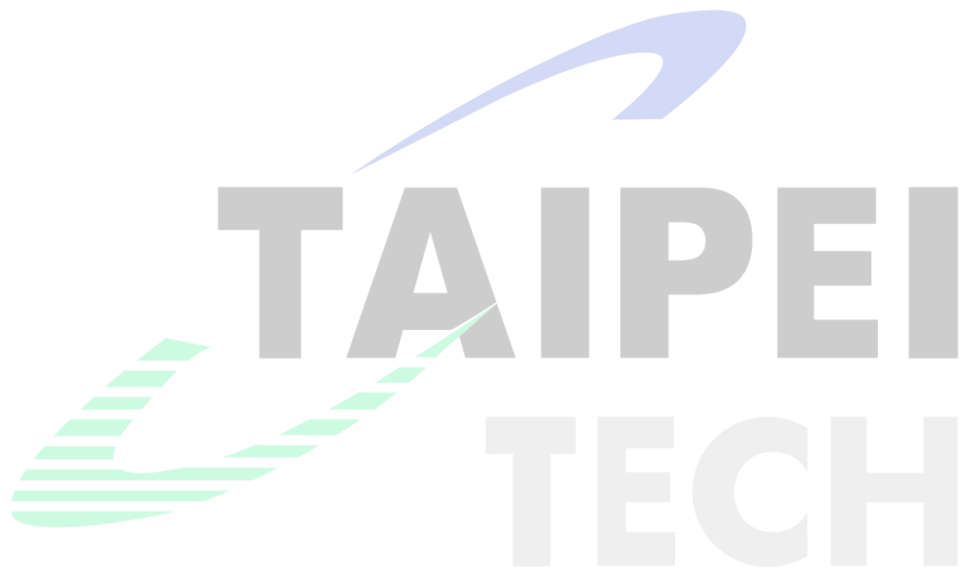
Researcher : Yi-Ting, Liu

Advisor : Lee-Kuo, Lin Ph.D.

Keywords : EPS, Adhesion Strength, Peeling tiles

Due to the extreme temperature difference caused by the four seasons in Taiwan, the basic structure layer and the adhesive layer of the tiles are easily damaged due to thermal expansion and contraction, which leads to the expansion of the tiles, poor bonding strength, and squeezing. Problems such as pressure and fracture can cause safety risks such as poor perception and personal injury. In order to increase the bonding strength and durability of tiles, and to reduce the possibility of personnel injury and disasters, this research collects related specifications of tile bonding materials and integrates related research on EPS materials. It is expected that the light weight and the easy construction, economy efficiency, water resistance, cushioning and heat insulation, this research use EPS particles to mix various tile bonding materials as variables to discuss suitable bonding materials, and then apply them to the tile project of the building's indoor space. In addition, the feasibility of applying different EPS particles to tile engineering was explored through drawing tests. According to the research and test results, when the soft bottom method is used for bonding, the tensile strength of 1.5mm EPS particles mixed with

cement and seaweed powder is the best, and the maximum strength is 13.614 kgf/cm<sup>2</sup>; when the hard bottom method is used for bonding, it is beneficial to cement. The tensile strength of the mixed 1.5mm EPS pellets is the best, and the highest strength is 10.261 kgf/cm<sup>2</sup>. The drawing strength of AB glue (1) is better than single AB glue (1) when mixed with three kinds of EPS particles, with an average strength of 6.050 kgf/cm<sup>2</sup>; while the drawing strength of AB glue (3) is higher when only 1.5mm EPS particles are mixed A single AB glue (3) is good, with an average of 9.270 kgf/cm<sup>2</sup>; as the size of the mixed EPS particles increases, the tensile strength of the other bonding materials will be relatively reduced.



## 誌謝

時光匆匆，日月如梭，不知不覺將結束學生身分了，首先誠摯感謝指導教授林利國博士，以被動化為主動之教學模式，使學生於學業及生活上有所成長，且在撰寫論文的過程中亦是悉心的教導學生開拓更廣闊的研究思路，您諄諄的教誨，化作我腦中的智慧，使學生突破自我框架進而創造新的思維，且不吝給予指導與修正，讓論文內容更豐富及充實。亦感謝土木防災碩士班營管組林正平教授及林祐正教授在碩士兩年給予課程間專業的教導，並於論文初試期間給予寶貴意見，使論文方向更加明確；在論文口試期間，感謝口試委員黃兆龍教授及張寬勇教授於百忙中撥空進行論文口試及審閱，並對研究內容逐項提供精闢完整的建議與指導，進而使論文更趨嚴謹完備。

於實驗及研究期間，感謝研究室博士班竹鈞學長及傑鯉學長，對於論文方向及過程提供正確引導及分析問題並給予務實建議，使論文研究撰寫能如期完成；感謝碩士班學長學姊，從碩一時細心帶領我們，並適時給予我們鼓勵與協助；感謝我的同儕夥伴鈺雯、柏凱、知鼎、宏博及志勇這兩年來的陪伴，當彼此遇到困難總是能互相扶持；最後感謝碩一學弟宇傑及冠辰，這一年來研究室行政事務上的協助以及口試期間的辛勞；感謝我的朋友，總是在我遇到阻礙時給予我前進的動力，讓我順利完成論文。

在這兩年碩士生涯，感謝我最敬愛的家人，一路上默默的支持我，使我在求學過程中，能無後顧之憂的順利完成學業！

最後，再次感謝我的恩師林利國教授，謝謝教授這兩年來專業及無私的悉心指導我們專業知識和做人處事的道理，無盡的恩情，永銘於心。

劉怡廷 謹誌

民國 110 年 07 月

# 目錄

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 摘要.....                   | i   |
| ABSTRACT.....             | ii  |
| 誌謝.....                   | iv  |
| 目錄.....                   | v   |
| 表目錄.....                  | vii |
| 圖目錄.....                  | ix  |
| 第一章 緒論.....               | 1   |
| 1.1 研究背景與動機.....          | 1   |
| 1.2 研究目的.....             | 1   |
| 1.3 研究範圍與限制.....          | 2   |
| 1.4 研究方法與流程.....          | 2   |
| 第二章 文獻回顧.....             | 4   |
| 2.1 磁磚之相關規範.....          | 4   |
| 2.1.1 公共工程施工綱要規範.....     | 4   |
| 2.1.2 中華民國國家標準(CNS).....  | 5   |
| 2.2 磁磚之簡介.....            | 9   |
| 2.2.1 磁磚之製造原料.....        | 9   |
| 2.2.2 磁磚之製造流程.....        | 10  |
| 2.3 磁磚之施工方法.....          | 12  |
| 2.4 磁磚黏結材料.....           | 14  |
| 2.4.1 黏著砂漿特性及機理分析.....    | 15  |
| 2.5 EPS 之成份與特性.....       | 16  |
| 2.6 EPS 之製造流程.....        | 17  |
| 2.7 國內外 EPS 相關規範與試驗.....  | 20  |
| 2.7.1 國外 EPS 相關規範與試驗..... | 20  |

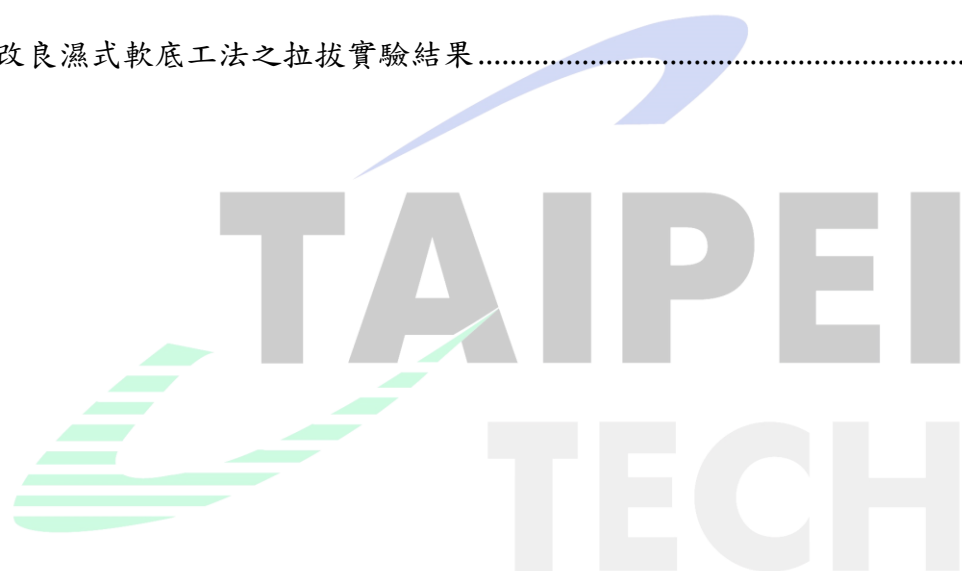
|                            |    |
|----------------------------|----|
| 2.7.2 國內 EPS 相關規範與試驗 ..... | 24 |
| 2.8 國內外 EPS 之工程應用 .....    | 25 |
| 2.8.1 國外 EPS 之工程應用 .....   | 25 |
| 2.8.2 國內 EPS 之工程應用 .....   | 27 |
| 2.9 EPS 應用之相關研究 .....      | 31 |
| 第三章 研究方法 .....             | 34 |
| 3.1 實驗計畫 .....             | 34 |
| 3.2 實驗材料 .....             | 36 |
| 3.2.1 黏結材料 .....           | 36 |
| 3.2.2 EPS 顆粒 .....         | 38 |
| 3.2.3 磁磚 .....             | 40 |
| 3.2.4 混凝土墊底底板製作 .....      | 40 |
| 3.3 實驗儀器 .....             | 42 |
| 3.4 實驗程序 .....             | 45 |
| 3.4.1 拉拔試驗組 .....          | 45 |
| 第四章 研究成果 .....             | 47 |
| 4.1 實驗背景與流程 .....          | 47 |
| 4.2 磁磚拉拔試驗 .....           | 50 |
| 4.2.1 傳統硬底工法 .....         | 50 |
| 4.2.2 改良硬底工法 .....         | 61 |
| 4.2.3 傳統濕式軟底工法 .....       | 71 |
| 4.2.4 改良濕式軟底工法 .....       | 81 |
| 第五章 結論與建議 .....            | 93 |
| 5.1 結論 .....               | 93 |
| 5.2 建議 .....               | 94 |
| 參考文獻 .....                 | 95 |

## 表目錄

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 表 2.1 面磚之模矩標稱尺度及接縫尺度.....           | 5  |
| 表 2.2 面磚吸水率區分種類.....                | 5  |
| 表 2.3 各類磁磚適用厚度.....                 | 6  |
| 表 2.4 各類磁磚厚度之許可差.....               | 6  |
| 表 2.5 背溝深度之基準.....                  | 7  |
| 表 2.6 陶瓷面磚用接著劑之種類.....              | 7  |
| 表 2.7 標準梳形鏟刀之尺寸.....                | 8  |
| 表 2.8 磁磚基本製造原料.....                 | 9  |
| 表 2.9 各種黏貼工法之優缺點.....               | 13 |
| 表 2.10 日本 EPS 之設計規範.....            | 20 |
| 表 2.11 試驗項目及試驗方法.....               | 21 |
| 表 2.12 日本 EPS 之類別及單位體積重.....        | 21 |
| 表 2.13 日本 EPS 標準塊體尺寸.....           | 21 |
| 表 2.14 美國 EPS 設計規範.....             | 22 |
| 表 2.15 試驗項目及試驗方法.....               | 22 |
| 表 2.16 美國 EPS 之類別及單位體積重.....        | 23 |
| 表 2.17 美國常用之 EPS 尺寸.....            | 23 |
| 表 2.18 臺灣 EPS 設計規範.....             | 24 |
| 表 2.19 EPS 材料特性之適用工程對照.....         | 25 |
| 表 2.20 國內 EPS 之相關研究.....            | 32 |
| 表 3.1 實驗變數分類.....                   | 34 |
| 表 3.2 EPS 顆粒試體尺寸.....               | 39 |
| 表 3.3 拋光石英磚、石板磚、瓷質磚、石質磚及陶質磚之性質..... | 40 |



|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 表 4.1 軟底混凝土墊底底板製作過程.....    | 48 |
| 表 4.2 硬底混凝土墊底底板製作過程.....    | 49 |
| 表 4.3 傳統硬底工法鋪貼步驟.....       | 51 |
| 表 4.4 傳統硬底工法之拉拔實驗結果.....    | 52 |
| 表 4.5 改良硬底工法鋪貼步驟.....       | 61 |
| 表 4.6 改良硬底工法之拉拔實驗結果.....    | 62 |
| 表 4.7 傳統濕式軟底工法鋪貼步驟.....     | 72 |
| 表 4.8 傳統濕式軟底工法之拉拔實驗結果.....  | 73 |
| 表 4.9 改良濕式軟底工法鋪貼步驟.....     | 82 |
| 表 4.10 改良濕式軟底工法之拉拔實驗結果..... | 83 |



## 圖目錄

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 圖 1.1 研究流程圖 .....                         | 3  |
| 圖 2.1 面磚之模矩標稱尺度及接縫尺度圖例 .....              | 5  |
| 圖 2.2 背溝之形狀圖例 .....                       | 6  |
| 圖 2.3 標準梳形鋸刀之形狀及尺寸圖 .....                 | 8  |
| 圖 2.4 磁磚製作流程圖 .....                       | 11 |
| 圖 2.5 硬底工法施工流程圖 .....                     | 12 |
| 圖 2.6 軟底工法施工流程圖 .....                     | 13 |
| 圖 2.7 面磚與黏結材料之機械咬合示意圖 .....               | 15 |
| 圖 2.8 面磚與黏結材料之橋接作用示意圖 .....               | 16 |
| 圖 2.9 苯乙烯經聚合反應為聚苯乙烯反應圖 .....              | 16 |
| 圖 2.10 原油煉製過程及產物示意圖 .....                 | 18 |
| 圖 2.11 EPS 製造流程圖 .....                    | 18 |
| 圖 2.12 EPS 成型流程 .....                     | 19 |
| 圖 2.13 EPS 成型品相關後續流程圖 .....               | 19 |
| 圖 2.14 臺北市中山大直橋 .....                     | 27 |
| 圖 2.15 洲美快速道路第二期新建工程示意圖 .....             | 28 |
| 圖 2.16 花蓮九曲洞景觀明隧道工程 .....                 | 29 |
| 圖 2.17 南投鹿谷小半天明隧道 .....                   | 29 |
| 圖 2.18 南投竹山大鞍山路基 .....                    | 29 |
| 圖 2.19 台東太麻里大溪明隧道 .....                   | 29 |
| 圖 2.20 三峽區大豹溪北 114 線(6K+200)處道路邊坡修復 ..... | 29 |
| 圖 2.21 EPS 及雙層點焊鋼絲網 .....                 | 30 |
| 圖 2.22 國立臺北科技大學圖書館屋頂太陽能設備暨休憩空間整建工程 .....  | 30 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 圖 3.1 實驗流程圖 .....                  | 35 |
| 圖 3.2 天然砂 .....                    | 36 |
| 圖 3.3 第一型卜特蘭水泥 .....               | 36 |
| 圖 3.4 海菜粉 .....                    | 36 |
| 圖 3.5 益膠泥 .....                    | 36 |
| 圖 3.6 矽利康 .....                    | 37 |
| 圖 3.7 保麗龍膠 .....                   | 37 |
| 圖 3.8 白膠 .....                     | 37 |
| 圖 3.9 AB 膠(一) .....                | 37 |
| 圖 3.10 AB 膠(二) .....               | 37 |
| 圖 3.11 AB 膠(三) .....               | 37 |
| 圖 3.12 拋光石英磚、石板磚、瓷質磚、石質磚及陶質磚 ..... | 40 |
| 圖 3.13 乾拌型之防水砂漿 .....              | 41 |
| 圖 3.14 軟底工法混凝土墊底底板示意圖 .....        | 41 |
| 圖 3.15 硬底工法混凝土墊底底板示意圖 .....        | 41 |
| 圖 3.16 HAL 精密電子天平秤 .....           | 42 |
| 圖 3.17 電子游標卡尺 .....                | 42 |
| 圖 3.18 鋼捲尺 .....                   | 43 |
| 圖 3.19 磁磚切割器 .....                 | 43 |
| 圖 3.20 HITACHI 切割機 .....           | 44 |
| 圖 3.21 水泥漿拌合機 .....                | 44 |
| 圖 3.22 數位式拉拔強度試驗儀 .....            | 45 |
| 圖 4.1 CNS 12611 斷裂位置 .....         | 50 |
| 圖 4.2 傳統硬底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉 .....   | 57 |
| 圖 4.3 傳統硬底工法之實驗數據比較-益膠泥 .....      | 58 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 4.4 傳統硬底工法之實驗數據比較-矽利康.....        | 58 |
| 圖 4.5 傳統硬底工法之實驗數據比較-白膠.....         | 58 |
| 圖 4.6 傳統硬底工法之實驗數據比較-保麗龍膠.....       | 59 |
| 圖 4.7 傳統硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(一).....    | 59 |
| 圖 4.8 傳統硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(二).....    | 59 |
| 圖 4.9 傳統硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(三).....    | 60 |
| 圖 4.10 改良硬底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉 .....   | 67 |
| 圖 4.11 改良硬底工法實驗結果比較-益膠泥.....        | 68 |
| 圖 4.12 改良硬底工法之實驗數據比較-矽利康.....       | 68 |
| 圖 4.13 改良硬底工法之實驗數據比較-白膠.....        | 68 |
| 圖 4.14 改良硬底工法之實驗數據比較-保麗龍膠.....      | 69 |
| 圖 4.15 改良硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(一).....   | 69 |
| 圖 4.16 改良硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(二).....   | 69 |
| 圖 4.17 改良硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(三).....   | 70 |
| 圖 4.18 硬底工法以單一黏結材之實驗數據.....         | 71 |
| 圖 4.19 硬底工法以拌合 EPS 黏結材之實驗數據.....    | 71 |
| 圖 4.20 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉 ..... | 78 |
| 圖 4.21 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-益膠泥.....     | 78 |
| 圖 4.22 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-矽利康.....     | 79 |
| 圖 4.23 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-白膠.....      | 79 |
| 圖 4.24 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-保麗龍膠.....    | 79 |
| 圖 4.25 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-AB 膠(一)..... | 80 |
| 圖 4.26 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-AB 膠(二)..... | 80 |
| 圖 4.27 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-AB 膠(三)..... | 80 |
| 圖 4.28 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉 ..... | 88 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 4.29 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-益膠泥.....     | 88 |
| 圖 4.30 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-矽利康.....     | 89 |
| 圖 4.31 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-白膠.....      | 89 |
| 圖 4.32 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-保麗龍膠.....    | 89 |
| 圖 4.33 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-AB 膠(一)..... | 90 |
| 圖 4.34 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-AB 膠(二)..... | 90 |
| 圖 4.35 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-AB 膠(三)..... | 90 |
| 圖 4.36 軟底工法以單一黏結材之實驗數據.....         | 91 |
| 圖 4.37 軟底工法以拌合 EPS 黏結材之實驗數據.....    | 92 |



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

由於臺灣四季溫差受極端氣候的影響，颱風、地震及氣溫劇烈變化等天候型態，導致鋪貼地磚之基礎結構層與黏貼層遭受到熱脹冷縮性質的影響而破壞；另隨著磁磚工業快速進步，材質眾多且價格低廉，施工方法簡易又容易清潔，現代人為追求美觀，施工時採用不留縫之鋪貼工法，延伸出地磚鼓起、黏結力差、擠壓及斷裂等問題，進而造成觀感不佳及人員損傷等安全風險之缺失。為增加地磚黏結力及耐久性，並達到減少人員損傷及災害發生之可能性，本研究蒐集對於磁磚之相關規範及統整發泡聚苯乙烯 (Expanded Poly-Styrene；簡稱為 EPS) 材料之相關研究，藉由 EPS 材料之質量輕、施工快速、經濟性、耐水性、緩衝性及隔熱性等特性，探討合宜的 EPS 顆粒黏結材，以構思改善磁磚鼓起及擠壓斷裂等問題之可行性。

本研究利用顆粒狀之 EPS 拌合各種黏結材料作為磁磚黏結料，配合運用於市面上常見之各類地磚與黏貼工法，並透過拉拔試驗分析 EPS 顆粒應用於磁磚工程之黏結性能，以藉由研究成果提供 EPS 材料在磁磚工程參考之應用。

## 1.2 研究目的

本研究主要目的將 EPS 顆粒拌合各種黏結材料應用於磁磚黏貼，並進行黏結強度實驗，探討其黏結性及拉拔強度，故本研究目的如下敘述：

- 一、統整國內外相關 EPS 之文獻並彙整相關工法及應用情形。
- 二、探討不同大小顆粒狀之 EPS 拌合各種黏結材料及單一磁磚黏結材料之黏結性及拉拔強度等性質。
- 三、透過實驗數據分析結果瞭解其可行性，本研究擬以三種 EPS 顆粒尺寸拌合各種黏結材料應用於磁磚黏貼並進行拉拔試驗。

### 1.3 研究範圍與限制

本研究係針對顆粒狀之 EPS 拌合各種黏結材料應用於磁磚黏貼之黏結強度性能差異作探討，故本研究之範圍與限制分別如下：

- 一、本研究係針對不同大小顆粒狀之 EPS 拌合各種磁磚黏結材料及單一磁磚黏結材料之黏結強度及拉拔強度差異作探討。
- 二、因 EPS 顆粒的種類多元，故本研究係針對 EPS 顆粒材料粒徑範圍 1.5mm、2.5mm 及 3mm 為本研究實驗之變數進行分析探討。
- 三、因磁磚之種類及尺寸眾多，故本研究僅以市面上常見之五種磁磚飾材做為本研究試驗材料。

### 1.4 研究方法與流程

本研究主要將透過下列二種研究方法來執行及分析：

- 一、文獻回顧法：蒐集國內外 EPS 應用於營建工程之相關文獻及資料，並了解國內外 EPS 應用於營建工程之現況。
- 二、模擬試驗法：模擬不同大小顆粒狀之 EPS 拌合各種磁磚黏結材料及單一黏結材料之黏結強度及拉拔強度差異，經由測試結果進行數據分析比較，以探討 EPS 顆粒應用於磁磚黏結材料之性能。本研究執行流程，如圖 1.1 所示。

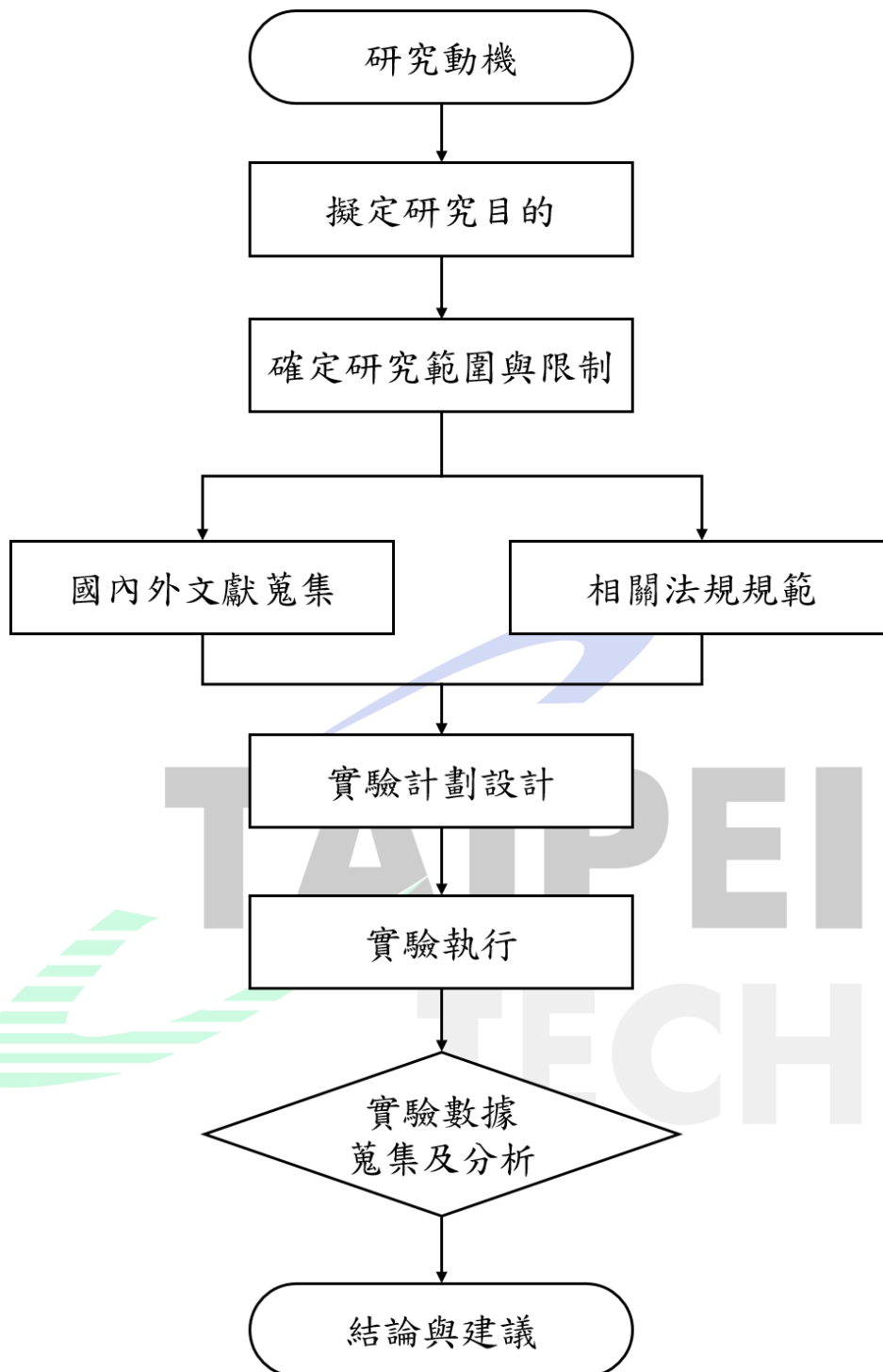


圖 1.1 研究流程圖



## 第二章 文獻回顧

本章節係以探討磁磚鋪貼之相關規範及回顧 EPS 材料之性質，並尋找磁磚種類及鋪貼所使用之材料與工法，藉以建立研究之基礎，以瞭解磁磚及 EPS 之相關規定及應用現況對於建築物磁磚工程之可行性，並將相關資料進行彙整及擬定實驗計畫。

### 2.1 磁磚之相關規範

#### 2.1.1 公共工程施工綱要規範

公共工程施工綱要規範係由公共工程委員會所修訂發布，為臺灣營建工程重要的法規之一，其中第 09341 章鋪貼地磚篇之有關主要條文分述如下(公共工程施工綱要規範，2021)：

- 一、第 09341 章 2.1.1、2.1.2 及 2.1.3 規定：無論國產或進口地磚，產品品質應符合 CNS 9737 之規定，地磚之型式及等級應符合設計圖說，其長度、寬度、厚度及翹曲之許可差、吸水率、彎曲破壞載重及抗彎強度試驗、耐磨耗性等，並應符合 CNS 9737 之規定。
- 二、第 09341 章 2.2.2 規定：接著材料可分為一般接著材及高黏度接著材兩種：
  - (1)一般接著材：為現場拌和或商業包裝預先製作拌和而成之產品。
  - (2)高黏度接著材：為水泥砂漿摻入適當比例之接著劑或化學摻料，於工地現場拌和而成者。
- 三、第 09341 章 2.2.3 規定：將上述材料之技術資料，包括型錄、測試報告等，提交工程司核可，但其中一般接著材或高黏度乳膠砂漿部分須達到下列標準：
  - (1)一般接著材：接著強度  $\geq 6\text{kgf/cm}^2$ 。  
抗壓強度  $\geq 210\text{kgf/cm}^2$ 。
  - (2)高黏度乳膠砂漿：接著強度  $\geq 10\text{kgf/cm}^2$ 。  
抗壓強度  $\geq 210\text{kgf/cm}^2$ 。

## 2.1.2 中華民國國家標準(CNS)

中華民國國家標準(Chinese National Standards；簡稱為 CNS)，係臺灣實施的國家標準，由標準檢驗局主管並辦理，主要目的在於對標準、檢驗、度量衡及符合性評鑑的認證體系等相關業務之管理，其中有關磁磚之相關試驗方法及規範如以下。

一、CNS 9737 陶瓷面磚：本國家標準主要係針對磁磚用語定義、種類、主要用途、成形方法、吸水率、尺度、背溝、品質特性、試驗、檢驗方式、取樣基準及產品標示等細項，如圖 2.1、2.2 及表 2.1 至 2.5 所示，詳細的規範磁磚產品應遵守之規定(中華民國國家標準，2016)。

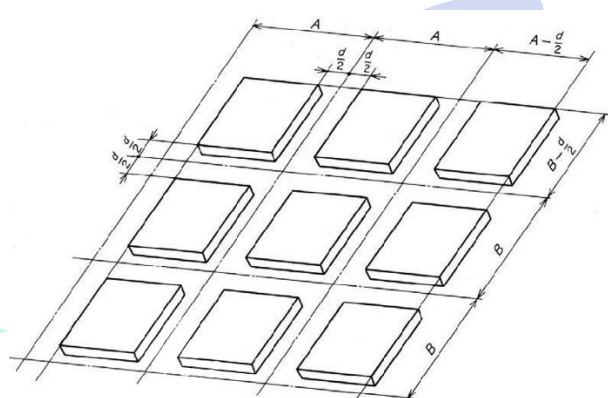


圖 2.1 面磚之模矩標稱尺度及接縫尺度圖例

表 2.1 面磚之模矩標稱尺度及接縫尺度

|     |     |    |    |     |         |     |     |     |     |     |
|-----|-----|----|----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A,B | 50  | 60 | 75 | 100 | 1,000/9 | 150 | 200 | 300 | 400 | 600 |
| d   | 1~5 |    |    |     |         |     |     |     |     |     |

備註：面磚之模矩標稱尺度，依 A 與 B 之組合。

單位：mm

表 2.2 面磚吸水率區分種類

| 分類區分  | 吸水率(%)   |
|-------|----------|
| I a 類 | 0.5 %以下  |
| I b 類 | 3.0 %以下  |
| II 類  | 10.0 %以下 |
| III 類 | 50.0 %以下 |

表 2.3 各類磁磚適用厚度

| 面磚種類  | 厚度(mm) |
|-------|--------|
| 內裝壁磚  | 3~15   |
| 內裝地磚  | 5~15   |
| 外裝壁磚  | 5~25   |
| 外裝地磚  | 7~30   |
| 馬賽克面磚 | 4~10   |

表 2.4 各類磁磚厚度之許可差

| 依主要用途之區分 | 許可差(mm)   |
|----------|-----------|
| 內裝壁磚     | $\pm 0.5$ |
| 內裝地磚     |           |
| 外裝壁磚     | $\pm 1.2$ |
| 外裝地磚     |           |
| 馬賽克面磚    | $\pm 0.7$ |

備註：馬賽克面磚時，不限主要用途之區分，全部適用於馬賽克面磚欄之許可差之基準。

磁磚之背溝形狀如倒勾狀，由製造廠商訂定，倒勾狀係指如圖 2.2 之 A 所示，在背溝大略先端部之寬度( $L_0$ )與大略底根部之寬度( $L_1$ )其相互關呈  $L_0 > L_1$  之形狀者。又如 B 所示之背溝時，其背溝深度( $h$ )，( $L_2$ )背溝在  $1/2 h$  處之寬度，須符合  $L_0 > L_2$  之關係。如 C 所示，在 A 及 B 以外之形狀時，只要其大略底根部( $L_3$ )，能符合  $L_0 > L_3$  之條件者，得視為倒勾狀。背溝之選用應考慮背溝方向與重力方向垂直。

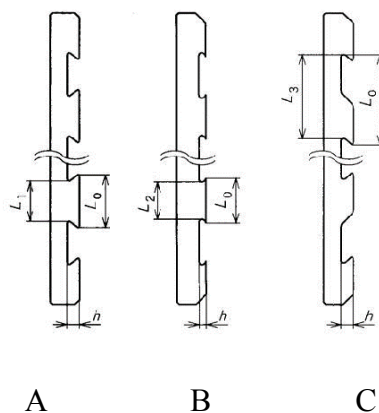


圖 2.2 背溝之形狀圖例

表 2.5 背溝深度之基準

| 面磚表面之面積                                      | 背溝之深度(mm) |
|----------------------------------------------|-----------|
| 未滿 15cm <sup>2</sup>                         | 0.5 以上    |
| 15cm <sup>2</sup> 以上，未滿 60cm <sup>2</sup> 以上 | 0.7 以上    |
| 60cm <sup>2</sup> 以上                         | 1.5 以上    |

二、CNS 3299-1~3299-13 陶瓷面磚試驗法：本標準共分為 13 個磁磚試驗，針對面磚之各項皆詳細規定磁磚試驗方法及步驟(中華民國國家標準，2016)。

三、CNS 12611 陶瓷面磚用接著劑：本標準適用於建築物內壁面鋪貼陶瓷面磚時，所使用之有機質接著劑，且陶瓷面磚指 CNS 9737 所規定之面磚，其依主成分區分之接著劑種類如表 2.6 所示；其塗布器具為國家標準所規定之標準梳形鏟刀如圖 2.3 及表 2.7(中華民國國家標準，2017)。

表 2.6 陶瓷面磚用接著劑之種類

| 區分           | 主成分                                                   |
|--------------|-------------------------------------------------------|
| 合成橡膠系乳膠型     | 以合成橡膠乳膠例如以 SBR 乳膠為主成分，再配合其他的樹脂、添加劑、填充劑等者。             |
| 合成樹脂系乳劑型     | 例如以丙烯酸酯乳劑為主成分，再配合其他的樹脂、添加劑及填充劑等者。                     |
| 環氧改質合成橡膠系乳膠型 | 以環氧樹脂及合成橡膠乳液為主成分之二液混合型接著劑主劑及硬化劑，分別再配合其他的樹脂、添加劑及填充劑等者。 |
| 環氧樹脂系反應硬化型   | 以環氧樹脂為主成分之主劑，及硬化劑之二液混合型接著劑，分別再配合其他的樹脂、添加劑及填充劑等者。      |

(續下頁)

表 2.6 (續)

|          |                 |
|----------|-----------------|
| 聚胺酯樹脂系   | 以聚胺酯樹脂系為主成分者。   |
| 改質矽烷氧樹脂系 | 以改質矽烷氧樹脂系為主成分者。 |

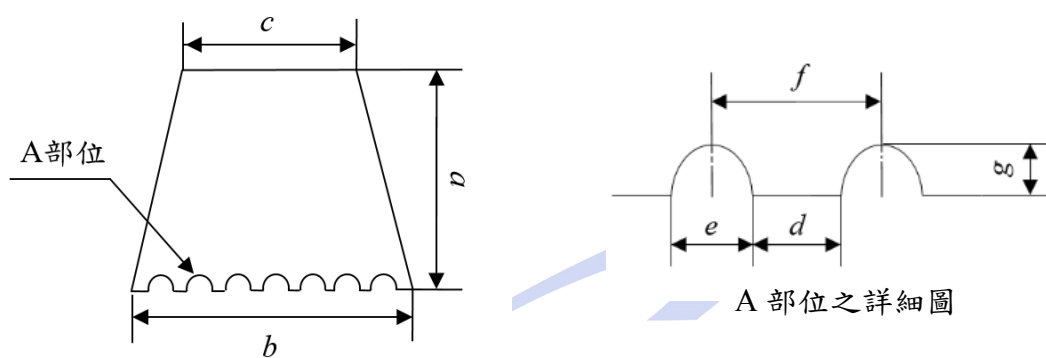


圖 2.3 標準梳形鋸刀之形狀及尺寸圖

表 2.7 標準梳形鋸刀之尺寸

| 部位       | 尺度     |
|----------|--------|
| <i>a</i> | 130±10 |
| <i>b</i> | 150±5  |
| <i>c</i> | 85±5   |
| <i>d</i> | 3±0.2  |
| <i>e</i> | 3±0.5  |
| <i>f</i> | 6±0.5  |
| <i>g</i> | 3±0.2  |

## 2.2 磁磚之簡介

### 2.2.1 磁磚之製造原料

磁磚係由長石(Feldspar)、石英(Quartz)及陶質黏土(Clay)等材料混合後製成薄層素坯經高溫燒製而成之一種面材，主要原料分為可塑性原料、助熔劑原料、非可塑性原料及釉藥原料，其磁磚基本製造原料如表 2.8 所示(林志杰，2012)；依燒成溫度、瓷化程度及吸水率等標準不同經由配置可製成不同的磁磚，而不當配置會造磁磚品質不好產生氣泡、釉、翹曲等缺陷 (曾禾光，2014)。

表 2.8 磁磚基本製造原料(陳盈宏，1998)

| 基本分類             | 主要原料   | 來源                       | 化學成分                                                                                               | 注意事項及作用                            | 燃點(°C) |
|------------------|--------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------|
| 黏土<br>(Clay)     | 可塑性原料  | 高嶺土<br>(Kaoline)<br>葉臘石  | SiO <sub>2</sub><br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                 | 幫助成形                               | >1400  |
| 長石<br>(Feldspar) | 助熔劑原料  | 正長石<br>鈉長石<br>鈣長石<br>石灰石 | K <sub>2</sub> O<br>Na <sub>2</sub> O<br>CaO<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>SiO <sub>2</sub> | 能降低燒成溫度，但使用過量恐造成翹曲變形、氣泡等缺陷         |        |
| 石英<br>(Quartz)   | 非可塑性原料 | 石英岩<br>磷石英<br>白矽石        | SiO <sub>2</sub>                                                                                   | 提供強度、潔淨度，但加溫及冷卻速率過劇時，恐產生龜裂         | >1700  |
| 其他矽酸鹼類原料         | 釉藥原料   | 石英<br>長石                 | SiO <sub>2</sub><br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>ZnO<br>BaO <sub>2</sub><br>ZrO <sub>2</sub>  | 保護面磚表面，形成光澤、防水性佳，但施釉不當恐造成脫釉、釉裂等缺陷。 |        |

## 2.2.2磁磚之製造流程

各種磁磚之製造，為達到各種不同品質的需求，選擇不同之原料及使用不同之溫度燒製以外，其製造過程中幾乎大同小異，詳細磁磚製造流程如下(曾禾光，2014)，其磁磚製作流程如圖 2.4 所示(黃兆龍，1985)：

### 一、原料(Raw Materials)

陶質磚的生產原料，從各國進口的高嶺土和磁土選出。選定原料之後，依一定比例配方送入球磨機，開始磁磚的生產過程。

### 二、球磨(Grinding)

原料在球磨機之內精工研磨而變成了泥漿,泥漿在經過震動可以過濾掉雜質,再經過磁鐵去除金屬雜質。

### 三、噴霧乾燥(Spary Drying)

送入泥漿儲存庫中，由幫浦加壓，經噴霧塔將泥漿噴成粉料，再將粉料輸送至儲存塔內。

### 四、成型(Pressing)

處理好的土料粉粒填入成形機的鋼模，經過高壓( $300\sim 400\text{kg/cm}^2$ )壓製成一定的形狀就完成了成形手續。

### 五、乾燥(Drying)

將生坯置入烘房內，經過一小時將生坯烘乾，再經過噴水降溫及上釉。

### 六、施釉(Glazing)

經過成形壓製後的坯體，或經過一次燒製後的粗坯，在塗佈釉藥的過程叫做施釉，利用噴漆或流釉的方式，將處理好的釉藥塗佈於生坯或粗坯上即完成。

### 七、印花(Printing)

印製在磁磚表面，使磁磚表面產生層次感更具立體感的效果。

### 八、台車儲存(Storing)

將印花後之磁磚，置入儲存台車之內，經 75 分鐘的燒房燥處理。

### 九、燒成(Firing)

最後將磁磚送入全自動滾軸窯中，經 40~50 分鐘攝氏 1200 度之高溫淬鍊後磁磚成品即完成。

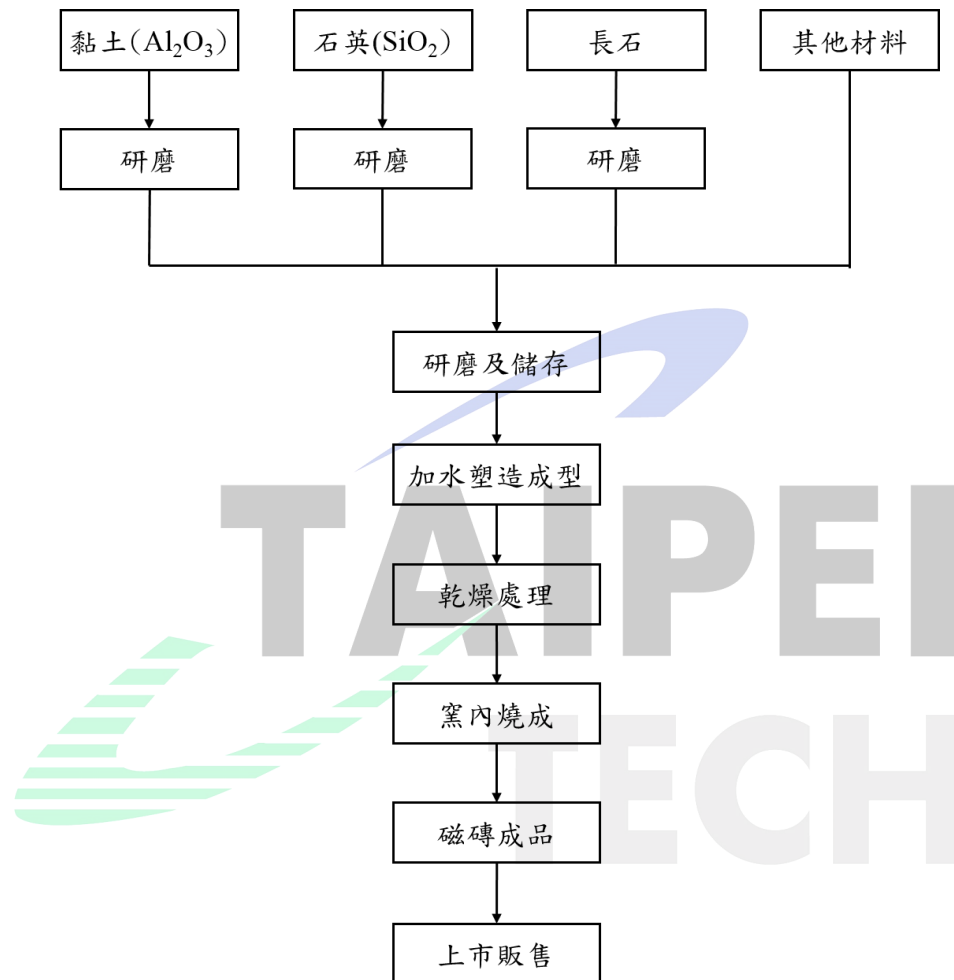


圖 2.4 磁磚製作流程圖



## 2.3磁磚之施工方法

磁磚黏貼之工法主要分為兩種，分別為硬底工法(Thick-Bed Method) 與軟底工法(Thin-Bed Method)，其磁磚黏貼之工法如下敘述(林志杰，2012；曾禾光，2014)：

### 一、硬底工法：

施工前確實將地面清掃乾淨，並把原地板層中接合不良的部份清除，施工時將地板水噴灑，並保持地面之濕潤。將 1:3 比例之水泥砂漿拌合後，均勻分佈於要施作之面積上，利用工具修整抹平及打底，完成之後須等待水泥砂漿完全乾燥，約 2~3 天再以黏著劑黏貼，以木槌或木柄敲擊，讓磁磚與其緊密黏著，硬底工法施工流程(張渝樺，2019)如圖 2.5 所示。

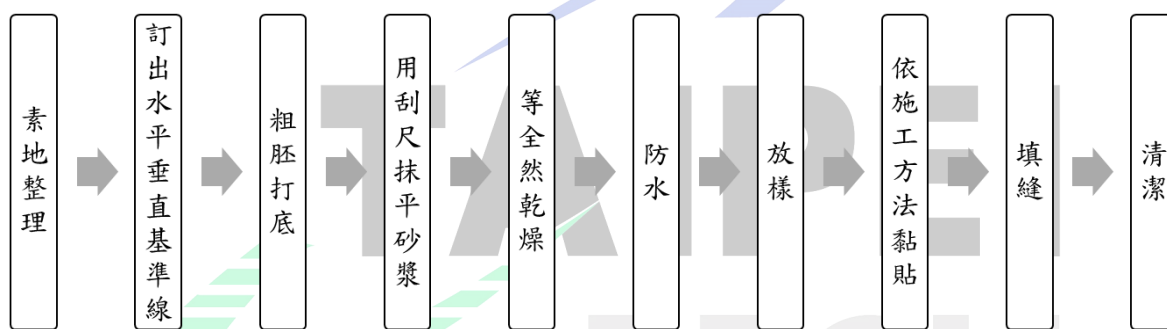


圖 2.5 硬底工法施工流程圖

### 二、軟底工法：

施工前確實將地面清掃乾淨，並把原地板層中接合不良的部份清除，施工時將地板水噴灑，並保持地面之濕潤。將 1:3 比例之水泥砂漿拌合後，均勻分佈於要施作之面積上，等待水泥砂漿慢慢乾燥至一定程度，再穿釘鞋踩在上面施作，鋪設前於水泥砂漿表面灑上水泥粉末，再將磁磚放上以木槌或木柄敲擊，讓磁磚與其緊密黏著，軟底工法施工流程(張渝樺，2019)如圖 2.6 所示。

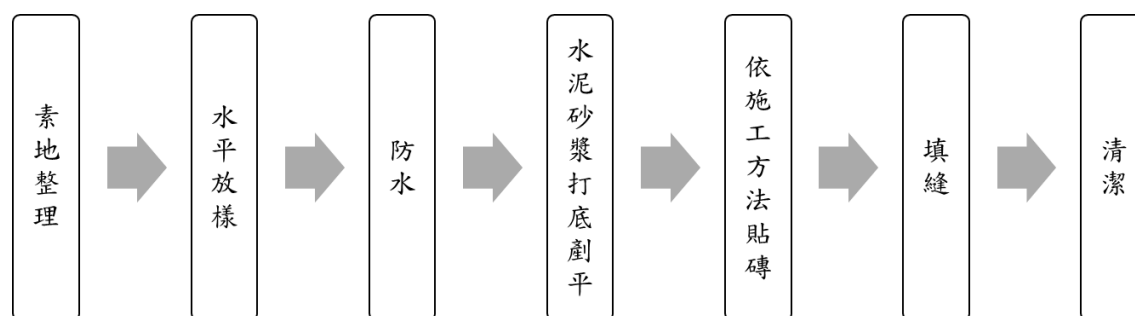


圖 2.6 軟底工法施工流程圖

### 三、密著貼法：

與硬底施工方法一致，於底層塗水泥砂漿，使用專用振動之工具，將磚壓埋入水泥砂漿中，使得砂漿從磁磚縫隙擠出，再用勾縫鏟刀修飾磚縫。

### 四、接著劑貼法：

利用黏著劑替代傳統用的水泥砂漿，增強黏著強度。

磁磚的黏貼工法隨著不同的結構體、粉底層及面磚等條件，進而導致有不同之黏貼工法及改變，各種黏貼工法之優缺點(曾禾光，2014)詳如表 2.9 所示。

表 2.9 各種黏貼工法之優缺點

| 貼 法   | 優 點                                                             | 缺 點                                                    |
|-------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 軟底施工法 | 1. 接著強度均勻<br>2. 施工效率高<br>3. 費用就低                                | 1. 工作現場污染度高<br>2. 鹼骨材反應機會大                             |
| 硬底施工法 | 1. 面磚與黏貼材料水泥砂漿之間，不易產生空隙，故較不易產生白華<br>2. 工作現場污染度低<br>3. 施作時可添加防水層 | 1. 施工效率低<br>2. 底層與磁磚黏貼面較易產生空氣，造成膨拱現象<br>3. 施工時間拉長，費用較高 |

(續下頁)

表 2.9 (續)

| 貼 法   | 優 點                                                                                           | 缺 點                                                                 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 密著貼法  | 1. 塗置時間影響較小<br>2. 因勾縫同時完成，對於較難勾縫或磚縫不易填實的面磚最適合<br>3. 因使用振動器取代敲打，故較輕鬆<br>4. 黏貼效率佳<br>5. 面磚破裂損耗少 | 1. 雖然受塗置時間影響較小，但仍有時間限制<br>2. 磚縫的深度受限制<br>3. 底層如受到振動時，面磚亦容易隨著滑動或龜裂剝落 |
| 接著劑貼法 | 1. 與水泥砂漿比較，因質軟不易受底層移動影響<br>2. 施工效率高<br>3. 各種底層均適用                                             | 1. 必須依使用場所及使用環境，選擇適用的接著劑<br>2. 與水泥系列比較，材料成本較高                       |

## 2.4 磁磚黏結材料

### 一、海菜粉(Methyl Cellulose)

為一種非離子高分子聚合物，其主要成份為甲基纖維素，功能是為保水劑添加於水泥，加入特殊添加劑調配而成用於水泥砂漿中可延長初凝施工時間，可提供短期之黏著強度，增強水泥與積財附著性(王慶煌，1992)。

### 二、磁磚黏著劑(Adhesive)

為摻有可分散型樹脂(EVA)之磁磚黏著劑，又名為樹脂益膠泥。近年來因磁磚種類多樣化，密度愈高材質愈重，為增加其黏著強度研發出磁磚黏著劑，其中主要成份有卜特蘭水泥、石英砂、EVA 可分散型樹脂、親水塑性劑、保水劑、龜裂防水劑、抗垂劑、收縮補償劑及防水粉等(林世堂，1993)。

### 三、傳統型水泥砂漿(cement mortar)

使用水泥砂漿做為磁磚黏著材料時，對於水泥砂漿材料之配比及組成必須嚴格控管，若施工方法及時效掌控不當，於施工時，易使磁磚黏著不佳及劣化等(鄒思宇、黃國倫、周楷峻、林世堂，2014)。

#### 四、AB 膠

係一種環氧樹脂 A 及硬化劑 B 兩種混合，拌合時間急迫且快速硬化之黏合劑，完全硬化後可防水，抗大多數且抗大多數化學侵蝕。

### 2.4.1 黏著砂漿特性及機理分析

面磚與水泥砂漿接著時所產生的黏著機理係為機械咬合所造成之結果(李文田，2005)(山崎建一、伊藤達也，1999)，影響面磚與水泥砂漿黏著力之因子如下(Momayez、Ramezaniannpour、Rajaie、Ehsani，2004)：

- 一、界面附著力(Interface Adhesion)：視黏著劑(Bonding agent)、材料緊實(Material compaction)、清潔度(Cleanliness)、界面潮濕度(Moisture content of the substrate)、試體齡期(Specimen age)、表面粗糙度(Roughness of the interface surface)而定。
  - 二、摩擦力(Friction)及骨材互鎖效應：視骨材尺寸及型式(Aggregate size and shape)、構造(Texture)、表面準備情況(Surface preparation)而定。
  - 三、時間(Time-Dependent)：最重要時間因子為差別收縮(Differential shrinkage)。大部分情況下，黏著層施工時，基層混凝土處於已收縮狀態，砂漿則為剛開始進入收縮狀態，這種介於新舊材料間的差別收縮，將造成界面產生應力行為，影響黏著強度。
- 磁磚黏著劑為水泥砂漿與面磚之間的黏著，主要分為兩種黏著機理，一為面磚與黏著材料交界面處，藉由聚合物之牢固橋接作用所產生的化學和物理黏結力，二為砂漿嵌入磁磚之微小孔隙中所形成之機械咬合，如下圖 2.7 及 2.8 所示(于全偉、夏嘩熙、史淑蘭、王春久，2009)。



圖 2.7 面磚與黏結材料之機械咬合示意圖

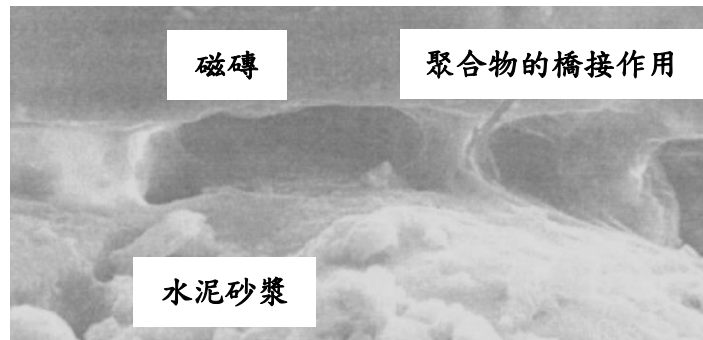
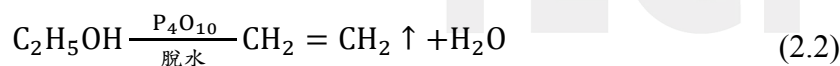
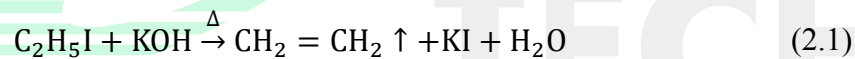


圖 2.8 面磚與黏結材料之橋接作用示意圖

## 2.5 EPS 之成份與特性

發泡聚苯乙烯(Expanded Poly-Styrene；簡稱為 EPS)，於土木營建工程中多數以砂土回填替代材料之用，故又名為地工泡棉(Geofoam)，係指使用大型之 EPS 塊體應用於災後道路搶修、開挖回填、公路或土地開發等土木工程之輕質回填材料；其原料聚苯乙烯係由乙烯( $C_2H_4$ )及苯( $C_6H_6$ )聚合(Polymerization)而製成。乙烯係為天然氣或石油之製品，且為烯類中最簡單且重要之分子，多數於天然氣、煤氣與煉油氣中取得。並藉由碘乙烷與氫氧化鉀之酒精溶液共熱而成，其反應式如方程式 2.1 所示，或以濃硫酸、五氧化二磷使酒精脫水而製得如方程式 2.2 所示(黃柏維，2003)：



苯為煉焦爐之副產品，透過適當之觸媒反應將乙烯通過苯即得乙苯；此乙苯合成物劈裂分子內之氫原子，即轉化為苯乙烯( $C_8H_8$ )，再藉由聚合反應轉化成固體塑膠質(黃柏維，2003)；聚苯乙烯之單體即為乙烯，其聚合反應如圖 2.9 所示(鄭卓仁，2010)。

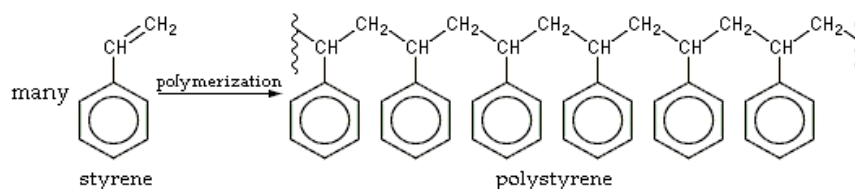


圖 2.9 苯乙烯經聚合反應為聚苯乙烯反應圖(鄭卓仁，2010)

EPS 材料之基本特性包括質量輕、經濟性、耐水性、施工簡便、自立性、緩衝性、電絕緣性及隔熱隔音，其基本特性與應用，茲敘述如下(何泰源，2006)。

- 一、輕質性：密度僅約一般砂土之百分之一，應用於軟弱地盤不須改良承载力即無沉陷之虞。
- 二、經濟性：工期短、用地省、挖方少、維修費低且可回收再利用，工程總造價經濟。
- 三、耐水性：材質不易吸水、變形及產生化學反應。
- 四、施工性：不需大型機械及特殊技術，僅以人力即可輕便迅速施工。
- 五、自立性：柏松比小且自立性佳，可減低側向土壓，適用於擋土結構物之回填材料。
- 六、緩衝性：單獨氣泡體能發揮優越緩衝性，具減少衝擊及震動效果，適用於緩衝防護材。
- 七、電絕緣性：在可容許之操作溫度範圍內，具有良好的電絕緣性質及抗靜電性。
- 八、隔熱隔音性：EPS 之組成約有 98%為空氣，僅 2%為實體物質，故具有隔熱隔音之效果。

## 2.6 EPS 之製造流程

塑化聚合物之主要原料多從由原油(Crude Oil)中提煉，原油經蒸餾(Distillation)及油氣分離(Hydrocarbon Separation)等程序後即可取得燃料、瀝青、潤滑劑及其他衍生之產品，而 EPS 係屬衍生產品其中之一。原油提煉產品中之 96%主要係為非燃料之車輛及機械用油，4%約為塑化物，僅約 0.1%為 EPS 產品(鄭卓仁，2010)如圖 2.10 所示。

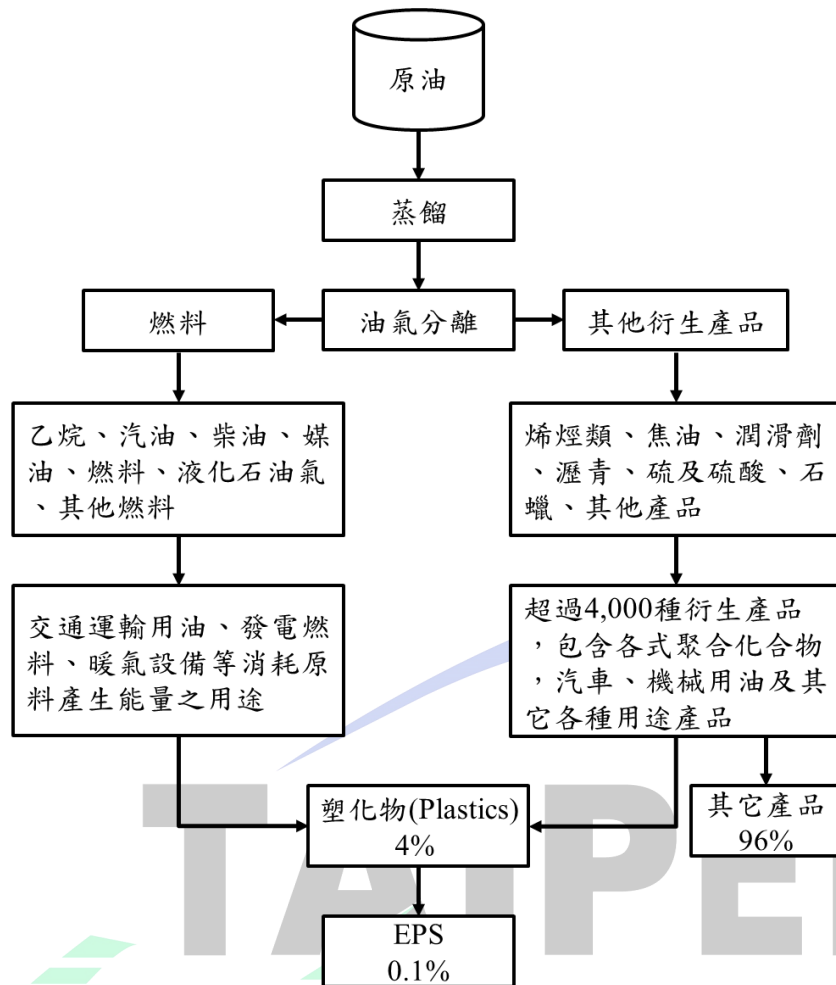


圖 2.10 原油煉製過程及產物示意圖(英國塑膠協會，2005)

EPS 之製造流程主要分為原料發泡、灌模與脫模及 EPS 成型品等三步驟(林利國，2000)，如圖 2.11 所示，茲詳細介紹如下：

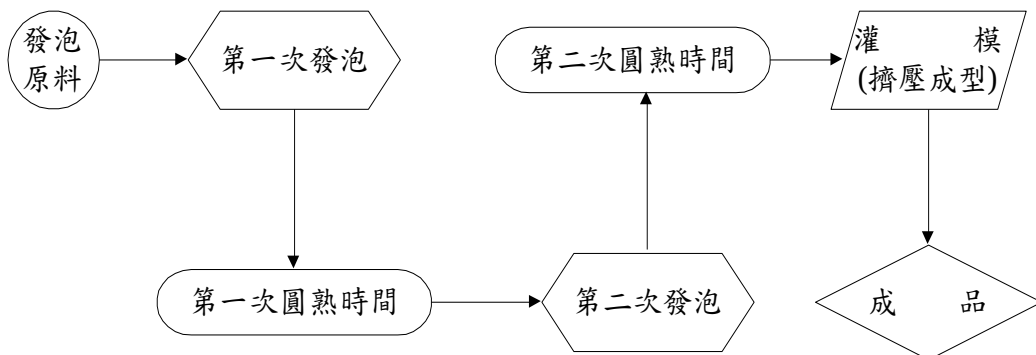


圖 2.11 EPS 製造流程圖(林利國，2000)



一、EPS發泡原料：國內EPS之發泡原料均為苯乙烯顆粒，而苯乙烯乃聚乙烯經共聚合反應，並加發泡劑、安定劑所產生。其材料發泡與圓熟過程一般來說發泡次數為1至3次；EPS成型塊體強度則與發泡倍數成反比例關係，即發泡倍數越高其強度越弱，發泡倍數越低則強度越高；於調整發泡倍數時亦應注意，過高之發泡倍數將造成EPS原始顆粒產生回縮、破裂等不良現象，將影響成型塊體之品質。故隨著材料使用需求之不同，調整其生產時之發泡倍數設計值，如果產品所要求之承載力需要較高的話，則可在製造時適時將顆粒發泡倍數降低，以使EPS材料密度增大，提昇EPS材料的承載能力。

二、灌模與脫模：在灌模前首先需將成型機模具閉模預熱，待預熱完畢後，再將第二次圓熟時間所生產之EPS顆粒適量的由通風儲存槽中導入成型機模具中進行灌模之步驟，待EPS原料都灌入成型機模具後，便鎖模且開始予以加壓加溫，以高壓高溫將所灌入之EPS原料在模具中擠壓成型。俟擠壓成型後之成品經由適當冷卻後，即進行開模與脫模，相關流程如圖2.12所示(黃柏維，2003)。

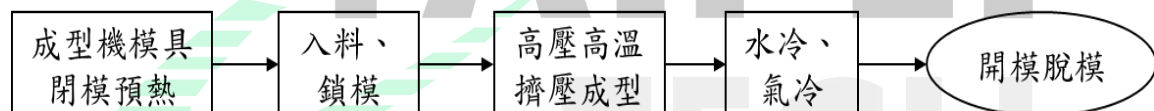


圖 2.12 EPS 成型流程

三、EPS成型品：將脫模後之EPS成品置於使其自然乾燥，並以目視檢查EPS成型品中是否有不合乎標準，如一切都達到所要求之標準便可進行包裝、入庫、出貨等相關後續工作，其流程圖如圖2.13所示(黃柏維，2003)。

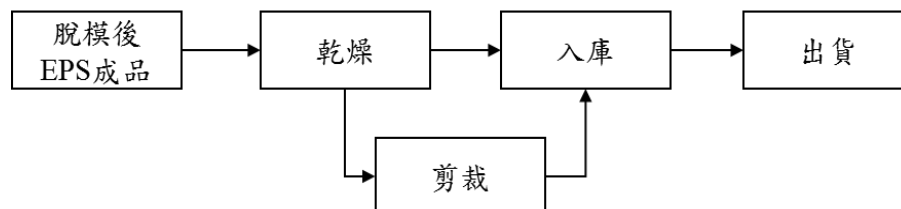


圖 2.13 EPS 成型品相關後續流程圖



## 2.7 國內外 EPS 相關規範與試驗

### 2.7.1 國外 EPS 相關規範與試驗

#### 一、日本設計規範

日本工業標準(Japanese Industrial Standards；簡稱為 JIS)規範 EPS 材料須符合之性質(EPS 開發機構，2007)，如表 2.10 所示。

表 2.10 日本 EPS 之設計規範

| 項目                                                                                   | 單位                | 試驗<br>方法  | 製造方法      |           |           |          |          |           |           |                 | 備註        |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-------|
|                                                                                      |                   |           | 模內發泡法(D)  |           |           |          |          | 擠出發泡法(DX) |           |                 |           |       |
| 分類                                                                                   |                   |           | D-30      | D-25      | D-20      | D-16     | D-12     | DX-35     | DX-29     | DX-24H<br>(註 1) |           | DX-24 |
| 單位                                                                                   | kN/m <sup>3</sup> | JIS-K7222 | 0.30      | 0.25      | 0.20      | 0.16     | 0.12     | 0.35      | 0.29      | 0.24            | 0.24      |       |
| 體積                                                                                   |                   |           | ±0.02     | ±0.015    | +0.015    | ±0.01    | +0.015   | ±0.03     | ±0.02     | ±0.02           | ±0.02     |       |
| 重量                                                                                   |                   |           |           |           | -0.01     | -0.01    |          |           |           |                 |           |       |
| 壓縮<br>應力                                                                             | kN/m <sup>2</sup> | JIS-K7220 | 180<br>以上 | 140<br>以上 | 100<br>以上 | 70<br>以上 | 40<br>以上 | 400<br>以上 | 280<br>以上 | 200<br>以上       | 120<br>以上 | (註 2) |
| 註 1：單位體積重量雖然與 DX-24 相同，但是，通過改進生產方法，可以增加材料的抗壓強度。                                      |                   |           |           |           |           |          |          |           |           |                 |           |       |
| 註 2：模內發泡法是以 10%應變時的壓應力作為品質管制時的壓應力的，但是，擠出發泡法在到達 10%應變時有的已達到屈服點，此時，以屈服時的壓應力作為品質管制的壓應力。 |                   |           |           |           |           |          |          |           |           |                 |           |       |

日本 EPS 工法於設計和施工上之材料試驗項目及其試驗方法(黃柏維，2003)，如表 2.11 所示；日本 EPS 之材料種類及單位體積重量，如表 2.12 所示；而使用之 EPS 塊體，於土木工程皆使用固定標準尺寸如表 2.13 所示。

表 2.11 試驗項目及試驗方法

| 試驗項目   | 試驗方法             | 規範        |
|--------|------------------|-----------|
| 單位體積重  | 遵循硬質發泡塑膠之密度測定方法  | JIS-K7222 |
| 抗壓強度   | 遵循硬質發泡塑膠之壓縮測定方法  | JIS-K7220 |
| 徐變特性   | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 無         |
| 摩擦特性   | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 無         |
| 變形模量   | 遵循抗壓強度試驗之壓縮彈性率計算 | 施作試驗      |
| 柏松比    | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 施作試驗      |
| 耐熱、燃燒性 | 遵循燃燒試驗           | JIS-A9511 |
| 耐久性    | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 施作試驗      |
| 吸水性    | 遵循硬質發泡塑膠之吸水率測定方法 | 無         |
| 反覆壓縮特性 | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 施作試驗      |
| 熱傳導係數  | 絕熱材料熱導率測定方法      | JIS-A1412 |

表 2.12 日本 EPS 之類別及單位體積重

| 製造方法 | 分類    | 單位體積重<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | 允許範圍          | 發泡倍率 |
|------|-------|------------------------------|---------------|------|
| 模內發泡 | D-12  | 0.12                         | +0.015, -0.01 | 83.3 |
|      | D-16  | 0.16                         | $\pm 0.01$    | 62.5 |
|      | D-20  | 0.20                         | +0.015, -0.01 | 50   |
|      | D-25  | 0.25                         | $\pm 0.015$   | 40.4 |
|      | D-30  | 0.30                         | $\pm 0.02$    | 33.3 |
| 擠出發泡 | DX-29 | 0.29                         | $\pm 0.02$    | 34.5 |

表 2.13 日本 EPS 標準塊體尺寸

|        |                    |
|--------|--------------------|
| 模型內發泡法 | 2000×1000×500      |
| 擠出發泡法  | 2000×1000×100      |
| 防浮塊體   | 2000×1000(500)×500 |

單位：mm

## 二、美國設計規範

美國材料和試驗協會(American Society for Testing and Materials；簡稱為 ASTM)，規定 EPS 材料須符合 ASTM C-578 所規定之型號及單位，並針對其物理性質加以規定，如表 2.14 所示。

表 2.14 美國 EPS 設計規範

| 物理性質 | ASTM<br>測試程序 | 容許值       |           |                         |
|------|--------------|-----------|-----------|-------------------------|
|      |              | Type VIII | Type II   | 單位                      |
| 密度   | D1622        | 196(1.25) | 236(1.50) | N/m <sup>3</sup> (pcf)  |
| 抗壓強度 | D1621        | 90(13)    | 103(15)   | KN/m <sup>3</sup> (psi) |
| 彎曲強度 | C203         | 207(30)   | 276(40)   | KN/m <sup>3</sup> (psi) |
| 抗拉強度 | D1623        | 124(18)   | 152(22)   | KN/m <sup>3</sup> (psi) |
| 吸水性  | C272         | 3         | 3         | 小於體積%                   |

美國 EPS 工法於設計和施工上之材料試驗項目及其試驗方法(黃柏維，2003)，如表 2.15 所示；美國 EPS 之材料種類及單位體積重量，如表 2.16 所示；而使用之 EPS 塊體，於土木工程皆使用固定標準尺寸如表 2.17 所示。

表 2.15 試驗項目及試驗方法

| 試驗項目   | 試驗方法             | 規範         |
|--------|------------------|------------|
| 單位體積重  | 遵循硬質發泡塑膠之密度測定方法  | ASTM-D1622 |
| 抗壓強度   | 遵循硬質發泡塑膠之壓縮測定方法  | ASTM-D1621 |
| 徐變特性   | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 無          |
| 摩擦特性   | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 無          |
| 變形模量   | 遵循抗壓強度試驗之壓縮彈性率計算 | 無          |
| 柏松比    | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 無          |
| 耐熱、燃燒性 | 遵循燃燒試驗           | 無          |
| 耐久性    | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 無          |
| 吸水性    | 遵循硬質發泡塑膠之吸水率測定方法 | ASTM-C272  |
| 反覆壓縮特性 | 由日本「EPS 開發機構」施作  | 無          |
| 熱傳導係數  | 絕熱材料熱導率測定方法      | 無          |

表 2.16 美國 EPS 之類別及單位體積重

| 製造法 | 種類   | 單位體積重(kgf/m <sup>3</sup> ) |
|-----|------|----------------------------|
| 模內法 | I    | 14                         |
|     | II   | 22                         |
|     | VIII | 18                         |
|     | IX   | 29                         |
|     | XI   | 11                         |
| 押出法 | IV   | 26                         |
|     | V    | 48                         |
|     | VI   | 29                         |
|     | VII  | 35                         |
|     | X    | 22                         |

表 2.17 美國常用之 EPS 尺寸

| 尺寸 | 英吋     | Mm        |
|----|--------|-----------|
| 寬度 | 12~48  | 305~1219  |
| 長度 | 48~192 | 1219~4877 |
| 厚度 | 3/8~36 | 9.5~914   |

## 2.7.2國內 EPS 相關規範與試驗

臺灣EPS土木施工法協會(Taiwan Expanded Poly Styrene Civil Construction Method Association；簡稱為TEPSA)向行政院公共工程委員會提交EPS土木施工法施工綱要規範，並在2015年5月8日通過審查，成為本國首部EPS應用於營建工程之正式規範，其規範EPS材料須符合之性質，如表2.18所示。

表 2.18 臺灣 EPS 設計規範

| 項目     | 試驗方法     | 單位                   | 製造方法   |        |                            |         |        |        |
|--------|----------|----------------------|--------|--------|----------------------------|---------|--------|--------|
|        |          |                      | 模內發泡法  |        |                            |         |        | 擠出發泡法  |
|        |          |                      | D-30   | D-25   | D-20                       | D-16    | D-12   | DX-29  |
| 密度     | CNS 2536 | kg/m <sup>3</sup>    | 30±2.0 | 25±1.5 | 20+1.5/-1.0<br>(19.0~21.5) | 16±1.0  | 12±1.0 | 29±2.0 |
| 抗壓強度 1 |          | kgf/cm <sup>2</sup>  | 0.9 以上 | 0.7 以上 | 0.5 以上                     | 0.35 以上 | 0.2 以上 | 1.4 以上 |
| 抗壓強度 2 |          | kgf/cm <sup>2</sup>  | 1.8 以上 | 1.4 以上 | 1.0 以上                     | 0.7 以上  | 0.4 以上 | 2.8 以上 |
| 燃燒性    |          | 難燃                   | 難燃     | 難燃     | 難燃                         | 難燃      | —      | 難燃     |
| 吸水量    |          | g/100cm <sup>2</sup> | 1.0 以下 | 1.0 以下 | 1.5 以下                     | 1.5 以下  | —      | 1.0 以下 |

註:1.參考型號 D-20 代表其密度為 20kg/m<sup>3</sup>，DX-29 亦同。

2.抗壓強度 1 係採用方塊試體進行單軸壓縮試驗於彈性範圍時之強度。

3.抗壓強度 2 採用方塊試體進行單軸壓縮至 5%壓縮應變時之強度。

EPS 相關試驗方法參考中國國家標準(CNS)之相關規範共計有下列七項，而臺灣現行規範係以前兩項為主要準則：

- 一、 CNS 2535 K3014 泡沫聚苯乙烯隔熱材料
- 二、 CNS 2536 K6224 泡沫聚苯乙烯隔熱材料檢驗法
- 三、 CNS 4013 K6395 聚苯乙烯成型材料檢驗法
- 四、 CNS 7406 K6666 硬質泡沫塑膠尺度測定法
- 五、 CNS 7407 K6667 泡沫橡膠及泡沫塑膠視密度測定法
- 六、 CNS 7408 K6668 硬質泡沫塑膠抗壓強度測定法
- 七、 CNS 10132 Z5124 包裝用發泡聚苯乙烯緩衝材

## 2.8國內外 EPS 之工程應用

### 2.8.1國外 EPS 之工程應用

美國於營建工程中首次使用 EPS 做為回填材料，此之工程係於 1974 年在密西根州 Pickford 附近的一座鋼構橋樑工程，所使用之 EPS 塊體總計約 977 立方公尺。該引道至今尚未發現任何重大位移發生(鄭永欽、林利國，1998)。除前述之代表性工程案例外，尚有其他使用 EPS 之工程案例，如表 2.19 所示。

表 2.19 EPS 材料特性之適用工程對照

| 工程名稱                             | 使用 EPS 數量       | 完工年份   |
|----------------------------------|-----------------|--------|
| 猶他州鹽湖城 I-15 州際公路重建工程             | 總計約 95,000 立方公尺 | 2002 年 |
| 紐約州厄特縣 (Jewett County)23A 道路工程   | 總計約 2,800 立方公尺  | 1995 年 |
| 科羅拉多州 (Colorado)160 號高速公路重建工程    | 總計約 550 立方公尺    | 1989 年 |
| 馬里斯維爾州斯諾霍涵洞工程(Snohomish Culvert) | 總計約 1,883 立方公尺  | 2008 年 |

美國於工程上使用 EPS 材料已經發展出多元應用，並累積相當多的工程實績及施工經驗，尤其在營建工程領域中皆有其應用之案例。

1970 年代美國和挪威同時將 EPS 輕質填土工法用於公路工程(Horvath，1995)，其中最重要的里程碑為 1972 年，挪威的道路研究試驗室(Norwegian Road Research Laboratory；簡稱為 NRRL)將此工法成功運用在佛洛姆(Flom)橋引道回填之案例(Aaboe，2000)；1972 年至 1991 年間，挪威在 120 件道路工程中 EPS 塊體之使用量總計約 250,000 立方公尺，經各項工程評估顯示 EPS 做為回填材料之工程維護費較傳統工程較低，且品質並未因使用此材料而降低，世界各國目前普遍亦採用 NRRL 之研究，作為輕質回填材料應用之參考(NRRL，1992；鄭永欽、林利國，1998)。

日本為目前上較常採用 EPS 施作工法的國家之一，因 EPS 有自立性良之特質，容易於陡峭山嶽地區上建設路基，藉由其成熟之設計施工方法，讓 EPS 優異特性得到充分發揮。EPS 輕質填土工法之沿革最早可追溯到 1972 年在北歐挪威應用於佛洛姆(Flom)橋引道回填之案例成功後，日本亦引進 EPS 材料與相關工法之觀念；1985 年 8 月日本境內首次將此工法運用於北海道札幌市橋梁橋台的背填工程，作為地層下沉之對策(積水化成品工業株式會社，2010)，EPS 作為營建材料累積至今所使用之塊體已突破 5,000,000 立方公尺。

日本為推廣該材料及工法，於 1986 年召集了相關產業的產官學合作，共同設立了「EPS 施工法發展組織」(EPS Construction Method Development Organization)。



## 2.8.2 國內 EPS 之工程應用

臺灣於 1995 年將 EPS 應用於工程案例，臺灣省公路局於西部濱海公路建造試驗堤一處，此工程使用密度約  $25\text{kg/m}^3$  之 EPS 塊體，並搭配 10 公分之 RC 板及 H 型鋼側牆，搭建一座長 30 公尺、寬 3 公尺、高 1.5 公尺之試驗路堤，於當年 12 月完工通車至今，皆無發生任何損壞(黃景川，1999)；此工程總工期為 10 天，如扣除天候及其他因素之影響，則實際施工約為 6 天，符合預期施工規劃進度(黃景川，1997)。

1999 年 4 月，臺灣省交通處公路局第二區工程處於梨山地滑整治計畫之台七甲線 72K+500 公路復舊工程中，應用 EPS 於此項工程以改善地滑之現象，共使用 4,740 立方公尺之 EPS 塊體進行缺失改善，但因該年 9 月遭遇 921 大地震災害，使原有計畫路段之地形遭受破壞，故將此計畫暫停進行(林利國等，2000)。

1999 年 10 月，全世界第一座釣竿式斜張橋臺北市中山大直橋，如圖 2.14 所示，進行改建工程，將 EPS 填土工法應用於此計畫，主橋利用節塊推進之方式施作；並於 2000 年 9 月接續進行推進構台之興建，施作中為減少構台底部回填所造成之沉陷，故使用密度為  $25\text{kg/m}^3$  之 EPS 塊體，分三層進行推進中山大直橋長 29.92 公尺，寬 20.4 公尺，高 4 公尺之回填，共使用 2,440 立方公尺之 EPS 塊體，總重量與傳統重  $2,300\text{kg/m}^3$  之回填相比較，減輕約 555 噸之重量(黃柏維，2003)。



圖 2.14 臺北市中山大直橋(莊士賢，2008)



臺灣於 2002 年首次大規模使用 EPS 工法之工程為「臺北市洲美快速道路第二期新建工程」，此工程所使用之 EPS 塊體總計約 12,105 立方公尺，如圖 2.15 所示；EPS 材料採用 D-20(模內發泡法)，密度為 20kg/m<sup>3</sup>，抗壓強度為 1.0kgf/cm<sup>2</sup>以上。施工範圍跨越基隆河段、洲美堤防段及磺港溪至大業路段第三個路段中之洲美堤防段。此工程因土壤壓密沉陷過大須使用 EPS 塊體作為與橋梁共構堤防之填築材料，以解決土壤壓密沉陷過大、橋梁之基樁長期承受巨大覆土載重及不平衡側向土壓力等問題。此工程完工後，達耐水性佳及節省經費又不影響工期等目標(何泰源，2006)。

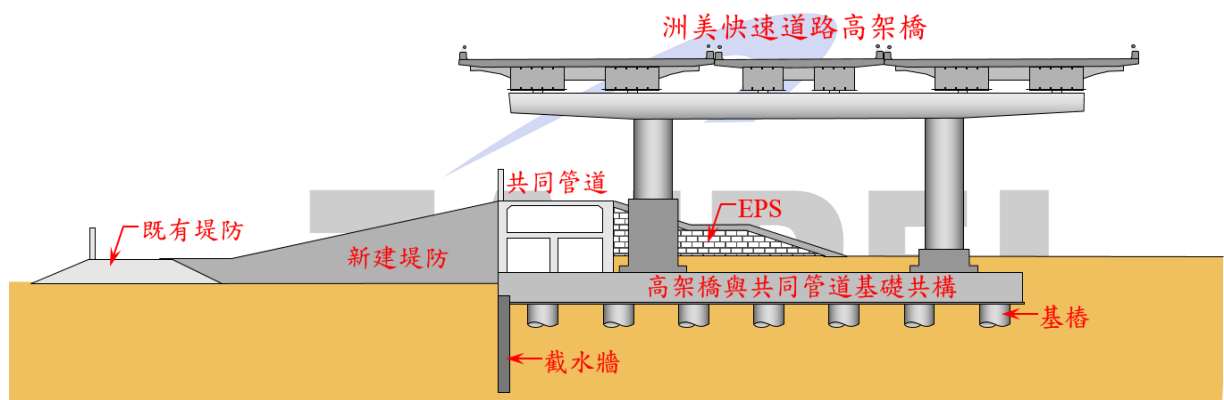


圖 2.15 洲美快速道路第二期新建工程示意圖(何泰源，2001)

2018 年已完工之花蓮九曲洞景觀明隧道工程為國內成功將 EPS 應用於營建工程上之實例，如圖 2.16 所示。國內將 EPS 應用於工程上的案例顯少，如南投鹿谷小半天明隧道，如圖 2.17 所示；南投竹山大鞍山路基，如圖 2.18 所示；台東太麻里大溪明隧道，如圖 2.19 所示；三峽區大豹溪北 114 線(6K+200)處道路邊坡修復，如圖 2.20 所示。



圖 2.16 花蓮九曲洞景觀明隧道工程

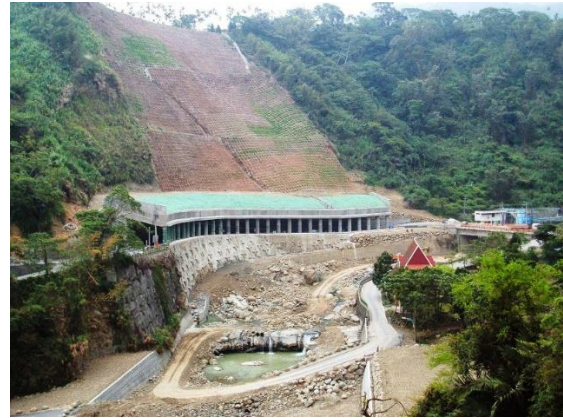


圖 2.17 南投鹿谷小半天明隧道



圖 2.18 南投竹山大鞍山路基



圖 2.19 台東太麻里大溪明隧道

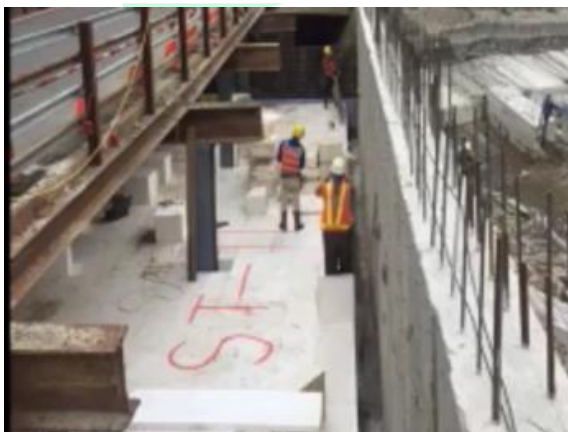


圖 2.20 三峽區大豹溪北 114 線  
(6K+200)處道路邊坡修復

國立臺北科技大學於 2020 年底完工之「圖書館屋頂太陽能設備暨休憩空間整建工程」，此工程施工項目有太陽能板工程、室內大廳工程、機電照明工程、鋼構工程、屋頂板夾具工程、防水與隔熱及吸音地坪工程，主要施工項目著重於太陽能板、隔熱及吸音地坪工程。其吸音隔熱工法為使用厚度 4 公分之 EPS 塊體，密度為  $15\text{kg/m}^3$ ，總工程共使用 866 立方公尺之 EPS 塊體，EPS 塊體皆使用雙層點焊鋼絲網固定以防止澆置過程中移動，最下層鋪設 1.5 公分 PE 吸音層，如圖 2.21 及圖 2.22 所示，接著進行水泥砂漿澆置。(詹彬，2021)。



圖 2.21 EPS 及雙層點焊鋼絲網

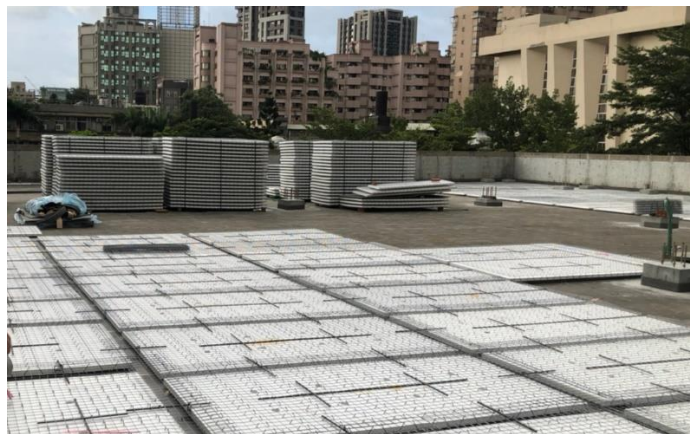


圖 2.22 國立臺北科技大學圖書館屋頂太陽能設備暨休憩空間整建工程



## 2.9 EPS 應用之相關研究

國內 EPS 之相關研究，於民國 85 年學者林利國(1996)針對 EPS 應用於土木營建工程之相關研究，學者林利國(2000)等人於民國 89 年針對 EPS 輕質填土工法有較詳盡之探討；劉資祺(2011)利用 EPS 材料耐衝擊之特性將其應用於明隧道落石防災；劉明璉(2013)運用 EPS 回填工法預防開挖時易造成管線破壞之意外；林家緯(2014)開始將 EPS 材料運用於填土工法以外之領域，運用 EPS 之緩衝性及隔音特性將其應用於工地墜落防災及施工噪音防制；洪嘉陽(2015)將 EPS 應用於人行道磚；洪竹鈞(2016)延續 EPS 具有隔音之特性將其應用於隔間牆，試驗結果顯示 EPS 隔音效果與 K 值及厚度成正比，音源介於 1000 至 1500Hz 時 EPS 材料有著絕佳的隔音性；陳永銓(2016)延續 EPS 具有緩衝特性將其應用於分隔島頭，實驗結果可得迴歸方程式用以計算 EPS 吸收之衝擊量；陳思羽(2018)針對 EPS 探討其彈性模數，結果得知彈性模數 E 值與密度 K 值相關性極高；洪崧崑(2018)延續 EPS 具有隔音之特性將其應用於石膏板輕隔間牆，試驗結果顯示 EPS 於隔音牆填塞 9cm 25K EPS 時，於 500Hz、1000Hz 及 4000Hz 之隔音效果為最佳；馬苡柔(2019)延續 EPS 具有隔音之特性將其顆粒狀與塊狀 EPS 應用於石膏板輕隔間牆，試驗結果於中高頻、高頻及極高頻之交通工具、建築工程及娛樂場所聲源，以 EPS 顆粒之複合材料(3cm 5-7mm EPS 顆粒+6cm 岩棉)最佳成本之隔音效能；陳思羽(2018)針對 EPS 探討其彈性模數，得知彈性模數 E 值與密度 K 值相關性極高；詹彬(2021)延續 EPS 具有隔熱之特性將其結合複合材料，試驗結果顯示 3cm 25K EPS 之單一材料隔熱效能最佳。國內針對 EPS 材料所進行之相關研究茲整理如表 2.20 所示。

表 2.20 國內 EPS 之相關研究

| 論文研究                           | 發表年份 | 作者      |
|--------------------------------|------|---------|
| 地工泡棉在道路邊坡之運用實務                 | 1996 | 林利國     |
| 超輕質路堤研究計畫                      | 1997 | 黃景川     |
| 臺灣地區骨材與 EPS 之現況探討              | 1998 | 林利國     |
| 臺灣第一座超輕質(EPS)公路試驗路堤之設計施工與長期觀測  | 1999 | 黃景川     |
| EPS 輕質填土工法之研究                  | 2000 | 林利國、李文勳 |
| 美國猶他州 I-15 州際公路重建工程概述及 EPS 之應用 | 2000 | 鄭永欽     |
| EPS 之防災應用性探討                   | 2003 | 黃柏維     |
| 地工泡棉運用於落石防護之模擬測試研究             | 2010 | 鄭卓仁     |
| 地工泡棉塊體均勻性與製程品管探討               | 2011 | 李岳修     |
| 地工泡棉(EPS)於明隧道落石防災之應用研究         | 2011 | 劉資祺     |
| 地工泡棉(EPS)生產製造與再生利用之能源與碳排放分析研究  | 2013 | 李宇橋     |
| 地工泡棉於地下捷運管線工程之應用               | 2013 | 劉明璉     |
| 地工泡棉(EPS)於墜落及噪音防制之可行性探討        | 2014 | 林家緯     |
| 地工泡棉(EPS)應用於路基之價值分析與施工碳排比較     | 2014 | 陳瑋志     |
| 地工泡棉(EPS)應用於災後道路復原工程之價值分析研究    | 2014 | 李怡蕙     |

(續下頁)

表 2.20 (續)

| 論文研究                           | 發表年份 | 作者  |
|--------------------------------|------|-----|
| 臺灣發泡聚苯乙烯(EPS)回收策略之研究           | 2015 | 蘇宇傑 |
| 地工泡棉(EPS)運用於人行磚之可行性研究          | 2015 | 洪嘉陽 |
| 地工泡棉(EPS)運用於隔間牆之可行性探討          | 2016 | 洪竹鈞 |
| 地工泡棉(EPS)應用於分隔島頭之可行性研究         | 2016 | 陳永銓 |
| 地工泡棉(EPS)彈性模數之探討               | 2018 | 陳思羽 |
| 地工泡棉(EPS)應用於石膏板輕隔間牆之隔音性能研究     | 2018 | 洪崧崙 |
| 顆粒狀與塊狀 EPS 應用於石膏板輕隔間牆隔音之價值分析   | 2019 | 馬苡柔 |
| EPS 運用在電梯直井之安全防護研究             | 2020 | 廖志豪 |
| 應用虛擬實境探討地工泡棉 Geofoam 於電梯井防墜之研究 | 2020 | 蔡侑成 |
| 地工泡棉(EPS)及複合材料隔熱性能研究           | 2021 | 詹 彬 |

根據文獻統整以 EPS 應用於營建相關工程之研究，大部分都應用於輕質性填土、輕隔間隔音、衝擊性隔音、工地墜落防災及隔熱等，本研究實驗主要係以 EPS 應用於營建磁磚工程，以 EPS 材料之質量輕、施工快速、經濟性、耐水性、緩衝性及隔熱性等優點，複合各種黏結材料及單一磁磚黏結材料進行黏結強度性能差異探討，期能藉由試驗數據分析及研究成果提供 EPS 材料在磁磚工程方面之應用。

## 第三章 研究方法

### 3.1 實驗計畫

本研究實驗主要係針對不同顆粒狀之 EPS 拌合各種黏結材料及單一磁磚黏結材料，分別以軟底工法及硬底工法進行黏結強度性能差異探討，以了解不同顆粒之 EPS 拌合各種黏結材料對黏著強度的影響，故本研究之實驗變數分別為八種黏著劑、三種 EPS 顆粒及五種磁磚，分別進行拉拔試驗，實驗變數分類如表 3.1 所示；本實驗流程圖如圖 3.1 所示。

表 3.1 實驗變數分類

| 試驗項目 | 變數             | 變數內容                                                     |
|------|----------------|----------------------------------------------------------|
| 拉拔試驗 | 黏著劑            | 水泥砂漿加海菜粉、益膠泥、<br>矽利康、白膠、保麗龍膠、<br>AB 膠(一)、AB 膠(二)、AB 膠(三) |
|      | EPS 顆粒<br>粒徑範圍 | 1.5 mm、2.5 mm、3 mm                                       |
|      | 磁磚             | 拋光石英磚、石板磚、瓷質磚、石質磚、陶質磚                                    |

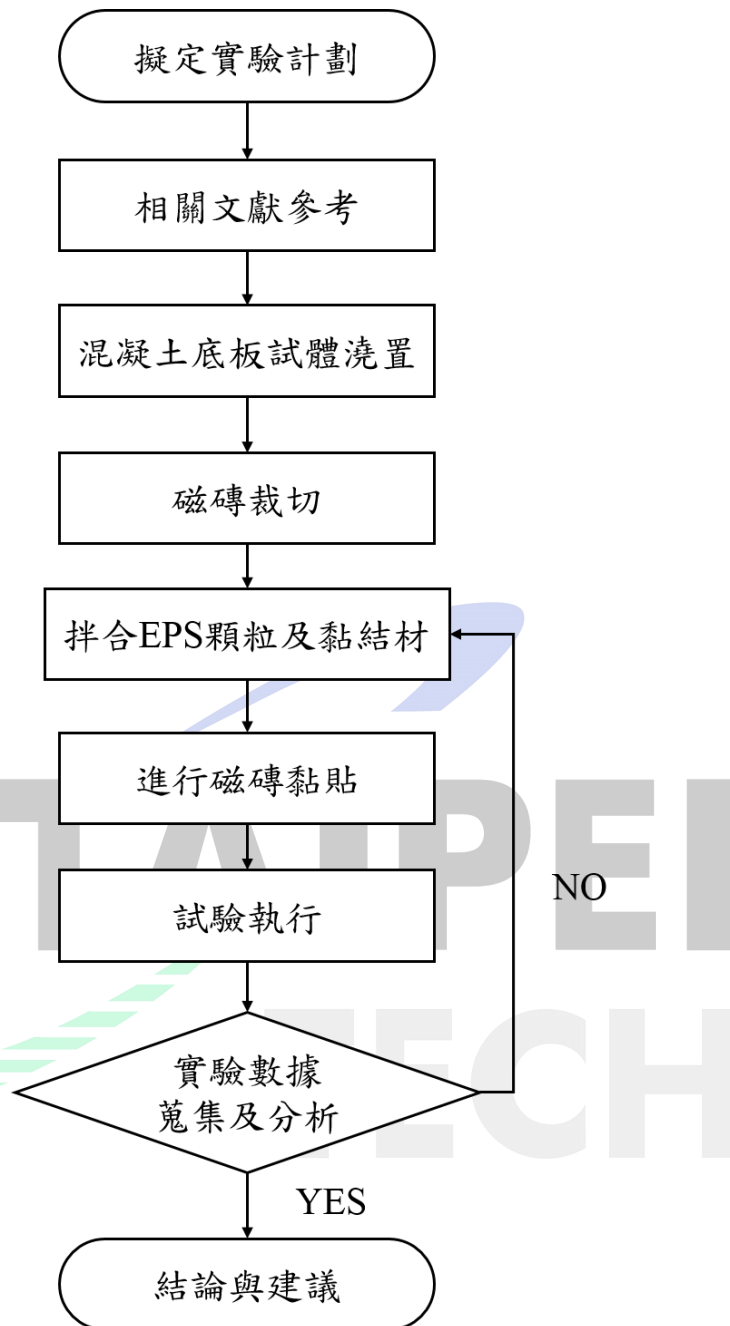


圖 3.1 實驗流程圖



## 3.2 實驗材料

### 3.2.1 黏結材料

本研究實驗係選用天然砂、第一型卜特蘭水泥、海菜粉、益膠泥、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)作為磁磚與混凝土墊底底板間之黏結材料，如圖 3.2 至 3.11 所示；為瞭解不同大小顆粒狀之 EPS 拌合黏結材料之黏結性質，故選擇黏結材料中常見之黏著劑，分別為磁磚工程較常使用之水泥、海菜粉及益膠泥，一般市售較常見之矽利康、白膠及保麗龍膠，三種不同流體性質之 AB 膠，以比較何種 EPS 顆粒拌合黏結材料對於磁磚與混凝土墊底底板之介面黏結效果為最佳。



圖 3.2 天然砂



圖 3.3 第一型卜特蘭水泥



圖 3.4 海菜粉



圖 3.5 益膠泥



圖 3.6 矽利康



圖 3.7 保麗龍膠



圖 3.8 白膠



圖 3.9 AB 膠(一)



圖 3.10 AB 膠(二)



圖 3.11 AB 膠(三)

### 3.2.2 EPS 顆粒

本研究實驗之 EPS 係乙烯( $C_2H_4$ )及苯( $C_6H_6$ )經由聚合程序而製成，具有質量輕、吸震性、優良自立性、耐水性、保溫性、隔熱佳及施工性佳等特性(李岳修，2011)，EPS 顆粒製造過程簡要說明如下所示，其本研究實驗使用之 EPS 顆粒試體尺寸如表 3.2 所示。

#### 一、原料製作

本研究實驗所使用之 EPS 顆粒原料由本廠商自行製造，係由苯乙烯單體經懸浮聚合反應及加壓灌入發泡劑而成的圓形小顆粒。

#### 二、預發泡階段

將聚苯乙烯原料置入加壓發料機內進行發泡，一般高密度之 EPS 材料只需一次發泡即可製成；而低密度之 EPS 材料則需要二次發泡的步驟，發泡完之後即形成 EPS 顆粒。

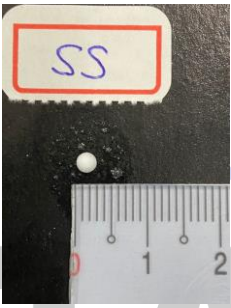
#### 三、中間置存階段

EPS 於成型前必須有中間置存階段來讓空氣擴散到粒子內部讓預發泡顆粒子水份的乾燥，並將過剩的發泡劑在成型前擴散掉。

#### 四、EPS 發泡顆粒成型

放置完成之 EPS 顆粒置入成型機內，透過燃燒重油之鍋爐加以壓力及溫度，經過加熱軟化過程，使預發泡顆粒再膨脹。

表 3.2 EPS 顆粒試體尺寸

| 規格    | 未發泡<br>粒徑範圍<br>(mm) | 發泡後粒徑範圍(mm)                                                                         |  | 發泡倍率<br>(倍) | 密度<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 最高水分<br>含量(%) |
|-------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------|----------------------------|---------------|
| 321F  | 0.45-0.75           |    |  | 40          | 25                         | 0.5           |
| 321SS | 0.65-0.9            |   |  | 40          | 25                         | 0.5           |
| 321T  | 1.0-1.4             |  |  | 40          | 25                         | 0.5           |

### 3.2.3磁磚

本研究實驗係選用五種不同材質的磁磚，其各類磁磚種類如圖 3.12 所示，性質如表 3.3 所示。

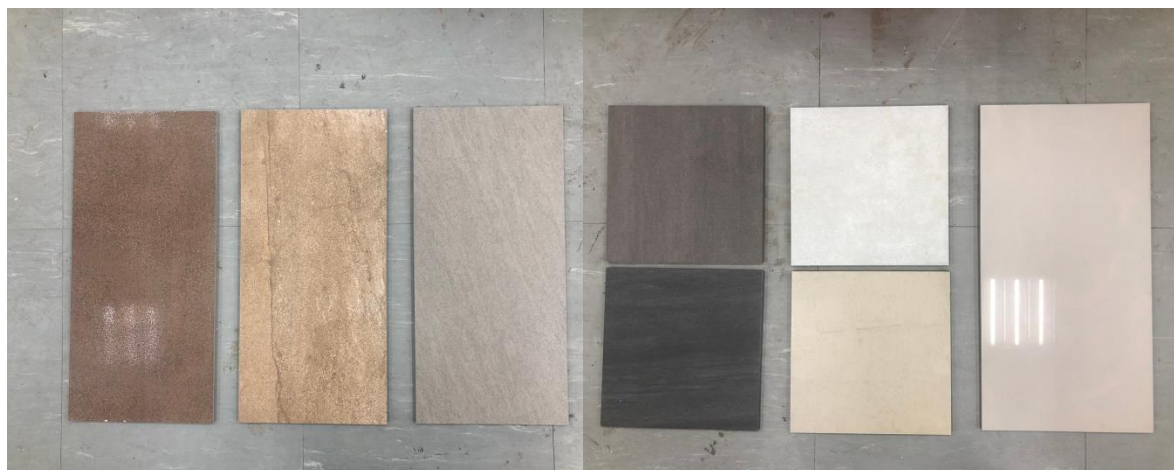


圖 3.12 拋光石英磚、石板磚、瓷質磚、石質磚及陶質磚

表 3.3 拋光石英磚、石板磚、瓷質磚、石質磚及陶質磚之性質

| 磁磚種類  | 吸水率      | 尺寸<br>(mm) | 磁磚厚度<br>(mm) |
|-------|----------|------------|--------------|
| 拋光石英磚 | 0.1 %以下  | 600 × 300  | 9.3          |
| 石板磚   | 0.5 %以下  | 600 × 300  | 9.7          |
| 瓷質磚   | 3.0 %以下  | 600 × 300  | 9.3          |
| 石質磚   | 7.0 %以下  | 300 × 300  | 8.0          |
| 陶質磚   | 17.0 %以下 | 600 × 300  | 9.3          |

### 3.2.4混凝土墊底底板製作

本研究實驗係選用乾拌型之防水砂漿製作混凝土墊底底板，具有防水性、防潮性及抗滲性等特性，故常用於建築物室內牆、浴室內牆、建築物外牆及其他受潮牆面，如圖 3.13 所示；將 EPS 方塊黏貼於底板後，澆置混凝土、搗實並埋入鐵絲，於室內陰暗處待

28 天灑水養護及拆模；針對軟底工法混凝土墊底底板示意圖，如圖 3.14 所示，尺寸為長 100 公分、寬 26 公分及高 5 公分，其每小格長 5.3 公分、寬 5.3 公分及高 5 公分；硬底工法混凝土墊底底板示意圖，如圖 3.15 所示，尺寸為長 100 公分、寬 100 公分及高 5 公分。



圖 3.13 乾拌型之防水砂漿

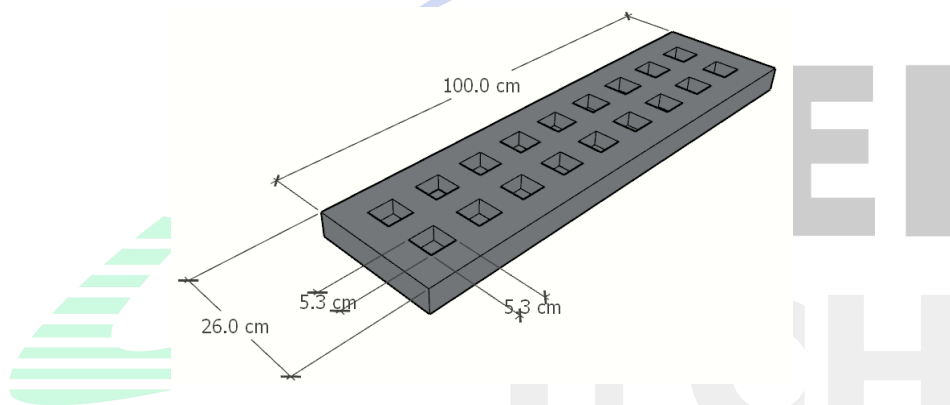


圖 3.14 軟底工法混凝土墊底底板示意圖

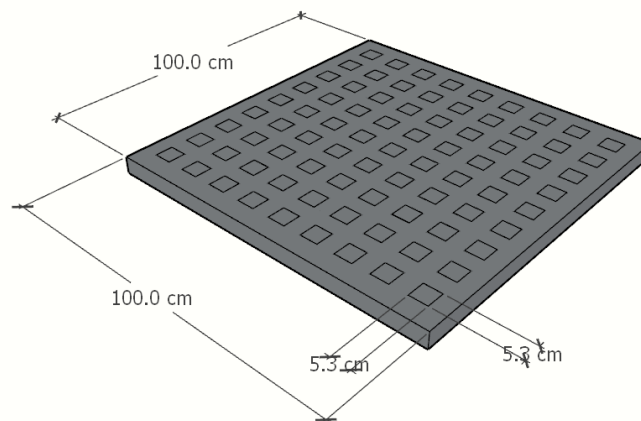


圖 3.15 硬底工法混凝土墊底底板示意圖



### 3.3 實驗儀器

一、HAL 精密電子天平秤：本研究實驗使用 HAL 精密電子天平秤，秤盤尺寸為 175mm \*155mm，整體尺寸為高 100mm、寬 210mm、深 290mm，具有高穩定性及高精準度，精密度高達 1/526000，最大秤量可達 5000 公克，最小感量可至 0.01 公克，如圖 3.16 所示。



圖 3.16 HAL 精密電子天平秤

二、電子游標卡尺：數位螢幕顯示數字，測定範圍為 0~100mm，解析度為 0.01mm，參如圖 3.17 所示。



圖 3.17 電子游標卡尺



三、鋼捲尺：本研究實驗選用鋼捲尺為丈量工具，總長度為 7.5 公尺，如圖 3.18 所示。



圖 3.18 鋼捲尺

四、磁磚切割器：有效且快速的將磁磚分割成兩半，本研究實驗使用裁切磁磚之切割器尺寸為長 70 公分、寬 14 公分、高 22 公分，最大切割尺寸為 60.5 cm，如圖 3.19 所示。



圖 3.19 磁磚切割器

五、HIKOKI 切割機：本研究實驗使用 HIKOKI (原名：HITACHI) 切割機，總重量 2.7 公斤，尺寸為 204mm、157mm，切割最大深度為 31.5mm，如圖 3.20 所示。



圖 3.20 HITACHI 切割機

六、水泥漿拌合機：為本研究實驗使用之拌合製作混凝土墊底底板、軟底與硬底工法黏結材料之水泥漿拌合機，可調整其旋轉速度，最高砂漿容量可達 5 公升，如圖 3.21 所示。



圖 3.21 水泥漿拌合機

七、E142-01 數位式拉拔強度試驗儀：本研究實驗使用之試驗儀主要用來量測兩層材料間之黏著力及拉拔強度，其儀器配置數位式壓力顯示錶且可自行選擇數據單位，最大拉拔強度達 16KN，最小為 10N，精準度 $\pm 1\%$ ，如圖 3.22 所示。



圖 3.22 數位式拉拔強度試驗儀

## 3.4 實驗程序

### 3.4.1 拉拔試驗組

#### 一、實驗目的：

為求得不同大小顆粒狀之 EPS 拌合各種黏結材料與混凝土墊底底板之黏結強度，藉以了解 EPS 顆粒拌合黏結材料之黏結性質，進而探討 EPS 顆粒拌合黏結材料應用於建築物磁磚工程之可行性，提供實務作為磁磚工程之參考應用。

#### 二、實驗器材：

1. 數位式拉拔強度試驗儀。
2. 黏結材料(水泥砂漿加海菜粉、益膠泥、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三))。

3. EPS 顆粒試體(粒徑範圍 1.5mm、2.5mm、3mm)。
4. 混凝土墊底底板(防水型水泥沙漿板)。
5. 邊長 5cm\*5cm 磁磚(拋光石英磚、石板磚、瓷質磚、石質磚及陶質磚)。

### 三、實驗步驟：

步驟一、將各類磁磚及混凝土墊底底板進行放樣，並與數位式拉拔強度試驗儀之輔助鋼件面積尺寸相符，其邊長為 5cm\*5cm 之正方形。

步驟二、使用磁磚切割機及磁磚切割器，將各類磁磚依放樣尺寸做試體裁切。

步驟三、將 EPS 顆粒拌合各種黏結材料(水泥砂漿加海菜粉、益膠泥、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)，並將裁切好之磁磚試體黏貼於混凝土墊底底板上。

步驟四、待磁磚試體黏貼 28 天後，將數位式拉拔強度試驗儀之輔助鋼件以黏著劑黏貼至磁磚試體表面上。

步驟五、待黏著劑於磁磚試體表面凝固後，確認數位式拉拔強度試驗儀是否歸零，且設定好拉拔數據之單位，進行拉拔試驗，以每圈平均之速度施加拉力，至磁磚拉拔強度達最大數值為止，並記錄其數據。

步驟六、重複上述之試驗步驟直至所有試體均完成試驗。

## 第四章 研究成果

### 4.1 實驗背景與流程

本實驗之目的為求得不同大小顆粒狀之 EPS 拌合各種黏結材料之黏結強度，藉以了解不同大小顆粒狀之 EPS 拌合各種黏結材料對軟底工法及硬底工法黏著強度的影響；故本試驗之 EPS 顆粒材料尺寸為 1.5mm、2.5mm 及 3mm，磁磚種類為拋光石英磚、石板磚、瓷質磚、石質磚及陶質磚五種磁磚，黏結材料為水泥砂漿加海菜粉、益膠泥、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)、AB 膠(三)，分別進行拉拔試驗。

本實驗地點為國立臺北科技大學國父百年紀念館一樓實驗室。使用防水砂漿為混凝土墊底底板之材料，分別為軟底混凝土墊底底板及硬底混凝土墊底底板，軟底混凝土墊底底板尺寸大小為長 100 公分、寬 26 公分、高 5 公分，係將邊長 5.6 公分\*5.6 公分之保麗龍塊黏貼於木板上製作，再以防水砂漿進行澆置，為防止水泥砂漿在水化過程中乾縮產生裂縫，故澆置時埋下鐵絲，增加握裹力，待澆置完成以鏟刀抹平，灑水養護 14 天後，將保麗龍塊拔起，待齡期 28 天後即進行貼磚，其施作步驟，如表 4.1 所示，；而硬底混凝土墊底底板尺寸大小為長 100 公分、寬 100 公分、高 5 公分，施作完成並灑水養護 28 天後，即進行貼磚，如表 4.2 所示。

表 4.1 軟底混凝土墊底底板製作過程

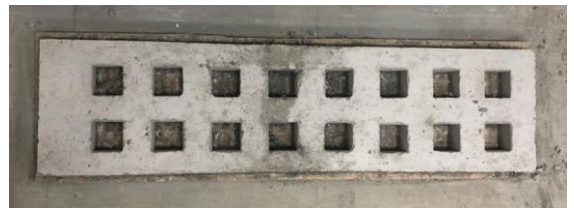
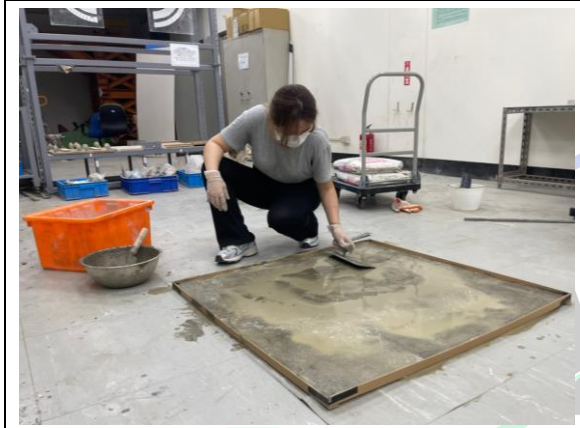
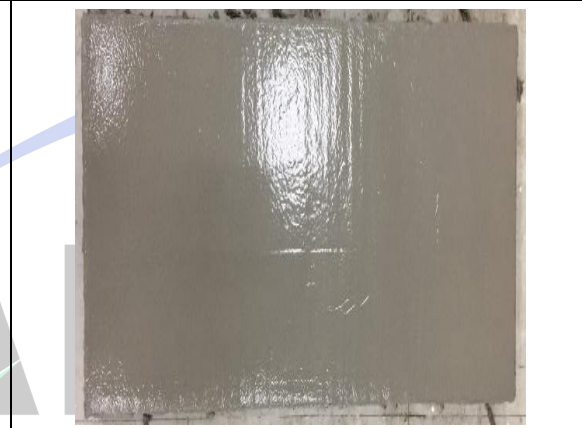
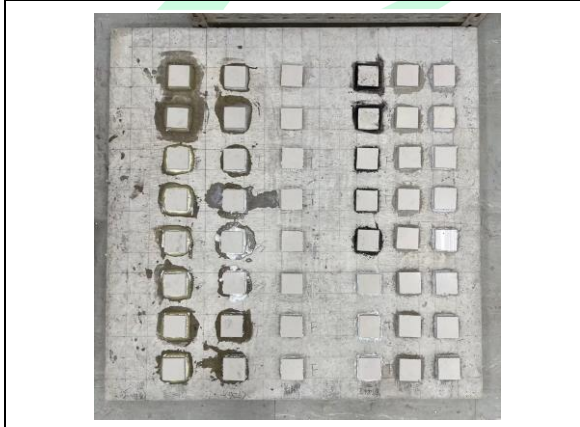
|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>Step1：將保麗龍塊黏貼於木板上。</p>                                                           | <p>Step2：第一層水泥砂漿澆置。</p>                                                              |
|    |    |
| <p>Step3：澆置完第一層後，以搗棒搗實。</p>                                                         | <p>Step4：埋入鐵絲。</p>                                                                   |
|   |   |
| <p>Step5：澆置完成後，以鏟刀抹平。</p>                                                           | <p>Step6：灑水養護 14 天後，將保麗龍塊拔起。</p>                                                     |
|  |  |
| <p>Step7：持續養護 28 天後，進行貼磚。</p>                                                       | <p>Step8：軟底工法磁磚黏貼完成。</p>                                                             |
|  |                                                                                      |
| <p>Step9：以拉拔試驗機進行拉拔。</p>                                                            |                                                                                      |



表 4.2 硬底混凝土墊底底板製作過程

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>Step1：分兩層進行打底。</p>                                                               | <p>Step2：每層皆以搗棒搗實</p>                                                                |
|   |   |
| <p>Step3：以鏟刀抹平表面。</p>                                                               | <p>Step4：灑水養護 28 天後，進行貼磚。</p>                                                        |
|  |  |
| <p>Step5：硬底工法磁磚黏貼完成。</p>                                                            | <p>Step6：以拉拔試驗機進行拉拔。</p>                                                             |



針對各種工法及不同變數之磁磚接著，係以 CNS 12611 規定量測斷裂之最大載重及記錄斷裂狀況進行標註，如圖 4.1 所示。

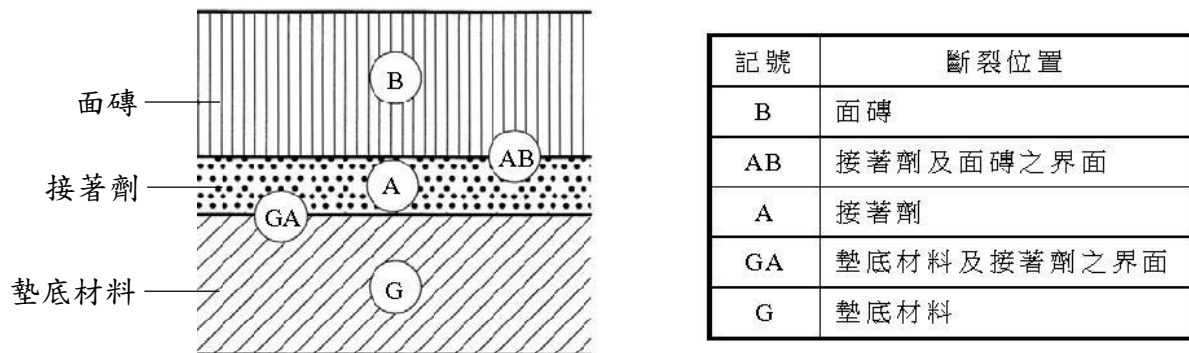


圖 4.1 CNS 12611 斷裂位置

## 4.2 磁磚拉拔試驗

### 4.2.1 傳統硬底工法

本工法係利用八種黏結材，分別為水泥+海菜粉(水:水泥:海菜粉=70:180:1)、益膠泥(水:益膠泥=73:200)、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)，其變數為添加 1.5mm、2.5mm 及 3mm 之 EPS 顆粒，以傳統硬底工法進行黏貼比較，黏貼前以濕海綿擦拭混凝土墊底底板表面，再以梳型鏟刀單面塗抹進行黏貼，其鋪貼步驟如表 4.3 所示，實驗結果比較如表 4.4 所示及圖 4.2 至 4.9 所示。

表 4.3 傳統硬底工法鋪貼步驟

|                                                                                    |                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|   |  |
| <p>Step1：將黏著劑以梳型鏟刀塗抹在混凝土墊底底板上。</p>                                                 | <p>Step2：黏貼磁磚並以水平器量測水平狀況。</p>                                                      |
|  | <p>Step3：以水平器調整磁磚並與混凝土墊底底板保持水平。</p>                                                |

表 4.4 傳統硬底工法之拉拔實驗結果

| 黏著劑    | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|--------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 水泥+海菜粉 | 拋光石英磚 | 無                 | 14.573                         | 1        | G        |    | 2.5               | 3.025                          | 11       | A        |    |
|        | 石板磚   |                   | 13.893                         | 2        |          |                                                                                     |                   | 2.325                          | 12       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 15.803                         | 3        |          |                                                                                     |                   | 3.585                          | 13       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 16.703                         | 4        |          |                                                                                     |                   | 4.51                           | 14       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 17.923                         | 5        |          |                                                                                     |                   | 3.924                          | 15       |          |                                                                                       |
|        | 拋光石英磚 | 1.5               | 2.667                          | 6        | A        |   | 3                 | 2.304                          | 16       | A        |   |
|        | 石板磚   |                   | 2.054                          | 7        |          |                                                                                     |                   | 3.025                          | 17       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 4.254                          | 8        |          |                                                                                     |                   | 4.252                          | 18       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 3.542                          | 9        |          |                                                                                     |                   | 2.345                          | 19       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 5.287                          | 10       |          |                                                                                     |                   | 4.623                          | 20       |          |                                                                                       |
| 益膠泥    | 拋光石英磚 | 無                 | 18.173                         | 21       | G        |  | 2.5               | 6.378                          | 31       | GA       |  |
|        | 石板磚   |                   | 12.554                         | 22       |          |                                                                                     |                   | 5.455                          | 32       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 17.733                         | 23       |          |                                                                                     |                   | 7.227                          | 33       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 16.643                         | 24       |          |                                                                                     |                   | 7.056                          | 34       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 17.363                         | 25       |          |                                                                                     |                   | 8.254                          | 35       |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.4 (續)

| 黏著劑 | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|-----|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 益膠泥 | 拋光石英磚 | 1.5               | 6.257                          | 26       | A        |    | 3                 | 3.567                          | 36       | GA       |    |
|     | 石板磚   |                   | 6.054                          | 27       |          |                                                                                     |                   | 2.365                          | 37       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 8.842                          | 28       |          |                                                                                     |                   | 6.256                          | 38       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 7.884                          | 29       |          |                                                                                     |                   | 5.343                          | 39       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 9.012                          | 30       |          |                                                                                     |                   | 7.354                          | 40       |          |                                                                                       |
| 矽利康 | 拋光石英磚 | 無                 | 6.625                          | 41       | GA       |   | 2.5               | 2.346                          | 51       | A        |   |
|     | 石板磚   |                   | 5.621                          | 42       |          |                                                                                     |                   | 1.965                          | 52       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 7.125                          | 43       |          |                                                                                     |                   | 2.358                          | 53       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 6.521                          | 44       |          |                                                                                     |                   | 2.025                          | 54       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 6.354                          | 45       |          |                                                                                     |                   | 2.329                          | 55       |          |                                                                                       |
|     | 拋光石英磚 | 1.5               | 2.125                          | 46       | A        |  | 3                 | 2.152                          | 56       | A        |  |
|     | 石板磚   |                   | 2.047                          | 47       |          |                                                                                     |                   | 1.524                          | 57       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 2.345                          | 48       |          |                                                                                     |                   | 3.025                          | 58       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 2.574                          | 49       |          |                                                                                     |                   | 2.956                          | 59       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 3.452                          | 50       |          |                                                                                     |                   | 2.345                          | 60       |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.4 (續)

| 黏著劑  | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 白膠   | 拋光石英磚 | 無                 | 5.942                          | 61       | GA       |    | 2.5               | 2.962                          | 71       | AB       |    |
|      | 石板磚   |                   | 5.265                          | 62       |          |                                                                                     |                   | 2.102                          | 72       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 6.953                          | 63       |          |                                                                                     |                   | 2.365                          | 73       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 6.815                          | 64       |          |                                                                                     |                   | 2.348                          | 74       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 7.145                          | 65       |          |                                                                                     |                   | 3.067                          | 75       |          |                                                                                       |
|      | 拋光石英磚 | 1.5               | 3.124                          | 66       | AB       |   | 3                 | 4.856                          | 76       | AB       |   |
|      | 石板磚   |                   | 2.487                          | 67       |          |                                                                                     |                   | 4.125                          | 77       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 3.596                          | 68       |          |                                                                                     |                   | 4.528                          | 78       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 3.132                          | 69       |          |                                                                                     |                   | 4.352                          | 79       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 3.548                          | 70       |          |                                                                                     |                   | 5.312                          | 80       |          |                                                                                       |
| 保麗龍膠 | 拋光石英磚 | 無                 | 6.154                          | 81       | GA       |  | 2.5               | 4.095                          | 91       | AB       |  |
|      | 石板磚   |                   | 5.302                          | 82       |          |                                                                                     |                   | 3.284                          | 92       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 6.854                          | 83       |          |                                                                                     |                   | 4.147                          | 93       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 6.235                          | 84       |          |                                                                                     |                   | 3.965                          | 94       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 7.501                          | 85       |          |                                                                                     |                   | 4.215                          | 95       |          |                                                                                       |

(續下頁)



表 4.4 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 保麗龍膠    | 拋光石英磚 | 1.5               | 3.365                          | 86       | AB       |    | 3                 | 3.592                          | 96       | AB       |    |
|         | 石板磚   |                   | 2.351                          | 87       |          |                                                                                     |                   | 2.568                          | 97       |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 3.675                          | 88       |          |                                                                                     |                   | 3.413                          | 98       |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 3.124                          | 89       |          |                                                                                     |                   | 3.552                          | 99       |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 3.985                          | 90       |          |                                                                                     |                   | 3.841                          | 100      |          |                                                                                       |
| AB 膠(一) | 拋光石英磚 | 無                 | 4.516                          | 101      | AB       |   | 2.5               | 8.306                          | 111      | AB       |   |
|         | 石板磚   |                   | 3.211                          | 102      |          |                                                                                     |                   | 7.759                          | 112      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 4.328                          | 103      |          |                                                                                     |                   | 8.158                          | 113      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 3.622                          | 104      |          |                                                                                     |                   | 8.051                          | 114      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 4.576                          | 105      |          |                                                                                     |                   | 8.253                          | 115      |          |                                                                                       |
|         | 拋光石英磚 | 1.5               | 5.361                          | 106      | AB       |  | 3                 | 4.865                          | 116      | AB       |  |
|         | 石板磚   |                   | 4.486                          | 107      |          |                                                                                     |                   | 4.128                          | 117      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 5.341                          | 108      |          |                                                                                     |                   | 4.926                          | 118      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 5.056                          | 109      |          |                                                                                     |                   | 4.618                          | 119      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 5.245                          | 110      |          |                                                                                     |                   | 4.728                          | 120      |          |                                                                                       |

(續下頁)

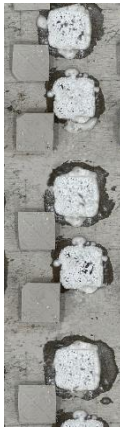
表 4.4 (續)

| 黏著劑        | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|------------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| AB<br>膠(一) | 拋光石英磚 | 無                 | 2.514                          | 121      | AB       |    | 2.5               | 0.796                          | 131      | AB       |    |
|            | 石板磚   |                   | 2.062                          | 122      |          |                                                                                     |                   | 0.547                          | 132      |          |                                                                                       |
|            | 瓷質磚   |                   | 2.788                          | 123      |          |                                                                                     |                   | 0.612                          | 133      |          |                                                                                       |
|            | 石質磚   |                   | 2.741                          | 124      |          |                                                                                     |                   | 0.66                           | 134      |          |                                                                                       |
|            | 陶質磚   |                   | 2.954                          | 125      |          |                                                                                     |                   | 0.889                          | 135      |          |                                                                                       |
|            | 拋光石英磚 | 1.5               | 1.254                          | 126      | AB       |   | 3                 | 0.864                          | 136      | AB       |   |
|            | 石板磚   |                   | 1.052                          | 127      |          |                                                                                     |                   | 0.56                           | 137      |          |                                                                                       |
|            | 瓷質磚   |                   | 1.366                          | 128      |          |                                                                                     |                   | 0.748                          | 138      |          |                                                                                       |
|            | 石質磚   |                   | 1.643                          | 129      |          |                                                                                     |                   | 0.625                          | 139      |          |                                                                                       |
|            | 陶質磚   |                   | 1.825                          | 130      |          |                                                                                     |                   | 0.717                          | 140      |          |                                                                                       |
| AB<br>膠(三) | 拋光石英磚 | 無                 | 5.738                          | 141      | AB       |  | 2.5               | 3.624                          | 151      | AB       |  |
|            | 石板磚   |                   | 5.046                          | 142      |          |                                                                                     |                   | 2.657                          | 152      |          |                                                                                       |
|            | 瓷質磚   |                   | 5.751                          | 143      |          |                                                                                     |                   | 3.041                          | 153      |          |                                                                                       |
|            | 石質磚   |                   | 5.674                          | 144      |          |                                                                                     |                   | 3.275                          | 154      |          |                                                                                       |
|            | 陶質磚   |                   | 5.878                          | 145      |          |                                                                                     |                   | 3.625                          | 155      |          |                                                                                       |

(續下頁)



表 4.4 (續)

| 黏著劑      | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  |
|----------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| AB 膠(II) | 拋光石英磚 | 1.5               | 8.146                          | 146      | AB       |  | 3                 | 5.302                          | 156      | AB       |  |
|          | 石板磚   |                   | 7.618                          | 147      |          |                                                                                   |                   | 4.15                           | 157      |          |                                                                                     |
|          | 瓷質磚   |                   | 8.059                          | 148      |          |                                                                                   |                   | 5.625                          | 158      |          |                                                                                     |
|          | 石質磚   |                   | 7.235                          | 149      |          |                                                                                   |                   | 5.4                            | 159      |          |                                                                                     |
|          | 陶質磚   |                   | 8.169                          | 150      |          |                                                                                   |                   | 5.845                          | 160      |          |                                                                                     |

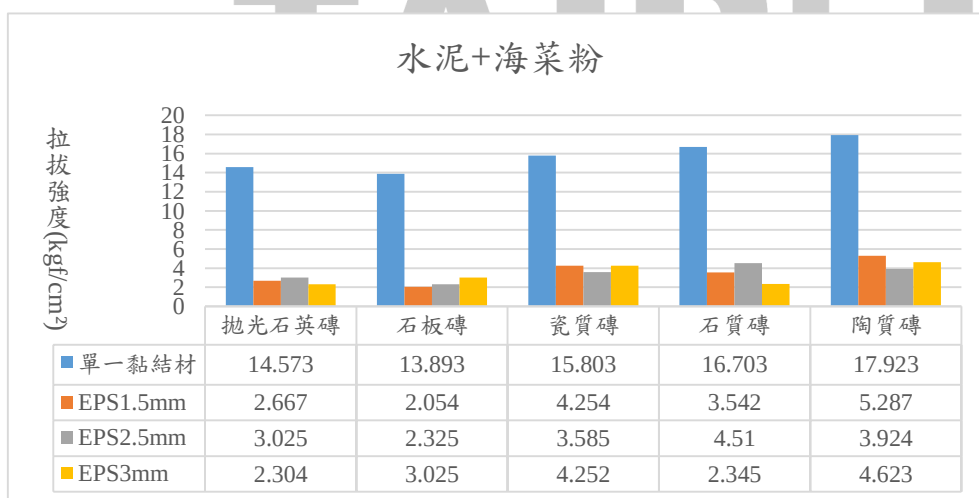


圖 4.2 傳統硬底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉

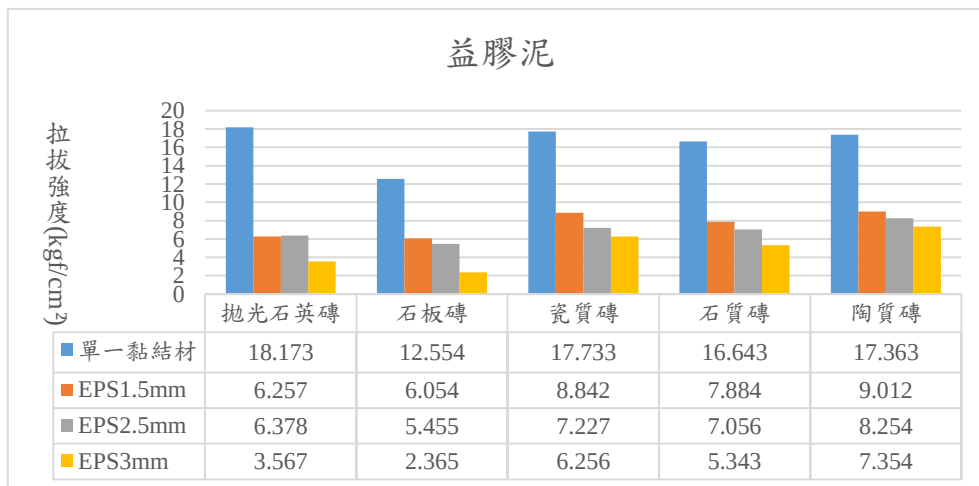


圖 4.3 傳統硬底工法之實驗數據比較-益膠泥

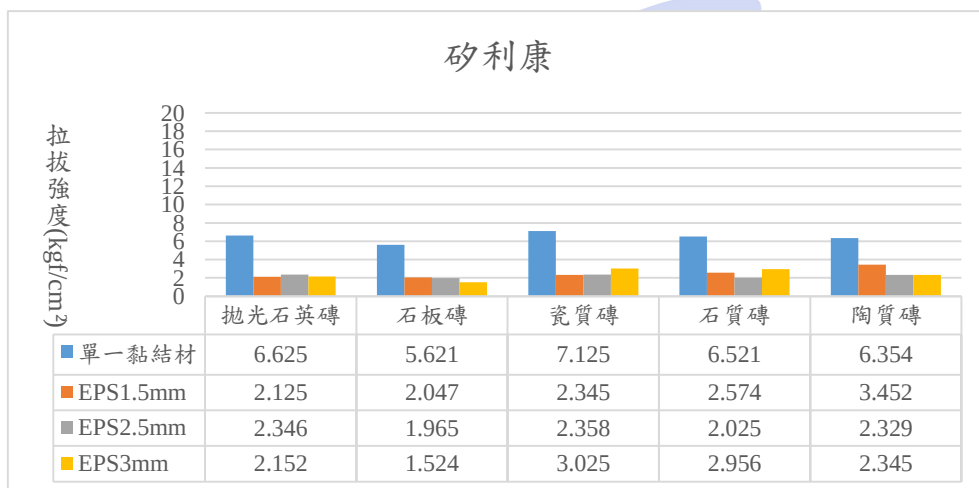


圖 4.4 傳統硬底工法之實驗數據比較-矽利康

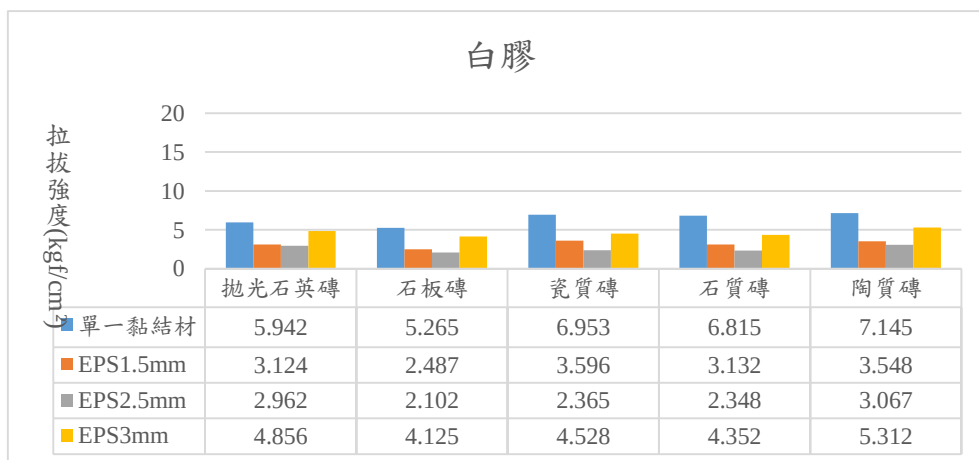


圖 4.5 傳統硬底工法之實驗數據比較-白膠

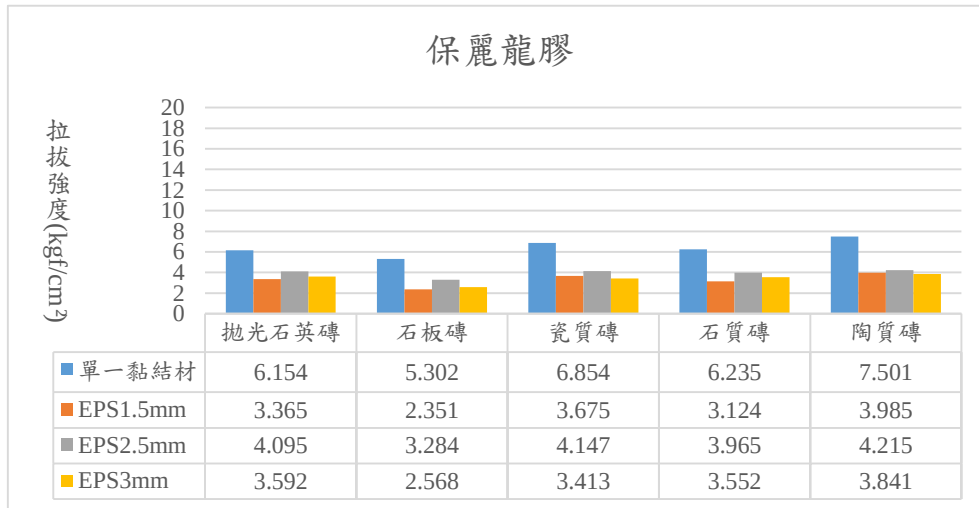


圖 4.6 傳統硬底工法之實驗數據比較-保麗龍膠

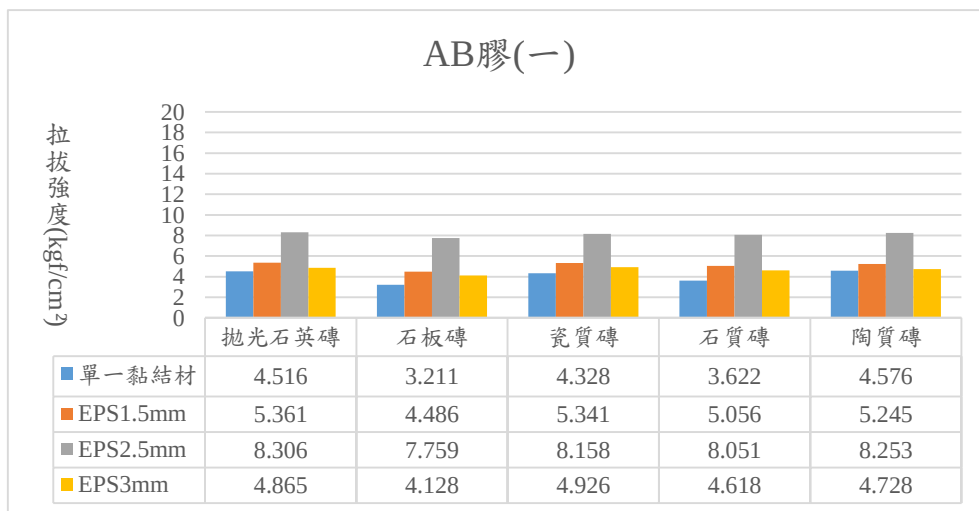


圖 4.7 傳統硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(一)

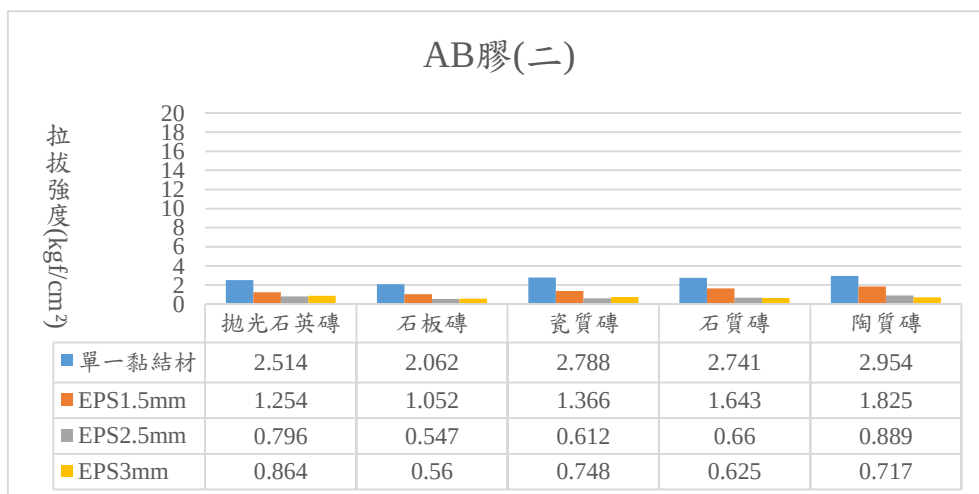


圖 4.8 傳統硬底工法之實驗數據比較-AB 膠(二)

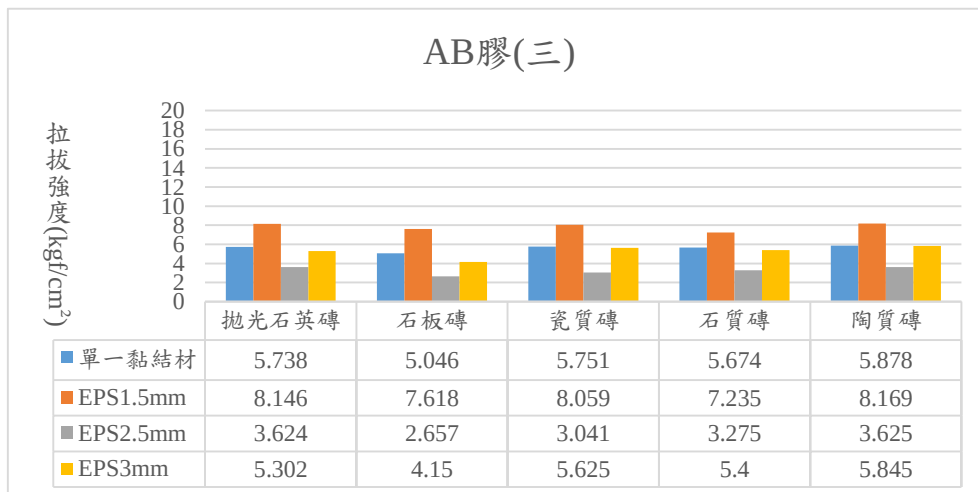


圖 4.9 傳統硬底工法之實驗數據比較- AB 膠(三)

經磁磚拉拔試驗後，透過數據可得知，以單一黏結材進行黏貼時，水泥+海菜粉之拉拔強度平均為  $15.779 \text{ kgf/cm}^2$ ；益膠泥為  $16.493 \text{ kgf/cm}^2$ ；矽利康為  $6.450 \text{ kgf/cm}^2$ ；白膠為  $6.424 \text{ kgf/cm}^2$ ；保麗龍膠為  $6.409 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(一)為  $4.051 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(二)為  $2.612 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(三)為  $5.617 \text{ kgf/cm}^2$ 。水泥+海菜粉及益膠泥拉拔之最大載重斷裂位置為墊底底板上；而矽利康、白膠及保麗龍膠之斷裂位置為墊底底板及黏結層之間；則 AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)之斷裂位置為面磚及黏結層之間。

而以 EPS 顆粒拌合黏結材進行黏貼時，水泥+海菜粉係為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $3.561 \text{ kgf/cm}^2$ ；益膠泥為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $7.610 \text{ kgf/cm}^2$ ；矽利康為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $2.509 \text{ kgf/cm}^2$ ；白膠為添加 EPS 顆粒 3mm 拉拔強度最佳，為  $4.635 \text{ kgf/cm}^2$ ；保麗龍膠為添加 EPS 顆粒 2.5mm 拉拔強度最佳，為  $3.941 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(一)為添加 EPS 顆粒 2.5mm 拉拔強度最佳，為  $8.105 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(二)為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $1.428 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(三)為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $7.845 \text{ kgf/cm}^2$ 。添加 EPS 顆粒後，其拉拔之最大載重斷裂位置均有改變，水泥+海菜粉及矽利康添加 EPS 顆粒之拉拔最大載重斷裂位置為黏結層上；而益膠泥除了添加 EPS 顆粒 1.5mm 之斷裂位置為黏結層上以外，其 2.5mm 及 3.5mm 之斷裂位置皆為墊底底板及黏結層之間上；白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)之斷裂位置則為面磚及黏結層之間。

## 4.2.2改良硬底工法

本工法與傳統硬底工法相似，係以混凝土墊底底板及磁磚背面皆塗上一層黏著劑，並以八種黏結材，分別為水泥+海菜粉(水:水泥:海菜粉=70:180:1)、益膠泥(水:益膠泥=73:200)、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)，添加 1.5mm、2.5mm 及 3mm 之 EPS 顆粒，以改良硬底工法雙面塗抹進行黏貼比較，其鋪貼步驟如表 4.5 所示，實驗結果比較如表 4.6 所示及圖 4.10 至 4.17 所示。

表 4.5 改良硬底工法鋪貼步驟

|                                                                                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |  |
| Step1：將黏著劑以梳型鏟刀塗在混凝土墊底底板上。                                                          | Step2：磁磚背面亦以梳型鏟刀塗上黏著劑，並進行黏貼。                                                        |
|  |                                                                                     |
| Step3：以水平器調整磁磚並與混凝土墊底底板保持水平。                                                        |                                                                                     |

表 4.6 改良硬底工法之拉拔實驗結果

| 黏著劑    | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|--------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 水泥+海菜粉 | 拋光石英磚 | 無                 | 16.82                          | 1        | G        |    | 2.5               | 4.251                          | 11       | A        |    |
|        | 石板磚   |                   | 15.61                          | 2        |          |                                                                                     |                   | 3.026                          | 12       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 16.75                          | 3        |          |                                                                                     |                   | 3.857                          | 13       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 17.05                          | 4        |          |                                                                                     |                   | 4.363                          | 14       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 19.35                          | 5        |          |                                                                                     |                   | 4.845                          | 15       |          |                                                                                       |
|        | 拋光石英磚 | 1.5               | 3.319                          | 6        | A        |   | 3                 | 3.152                          | 16       | A        |   |
|        | 石板磚   |                   | 3.028                          | 7        |          |                                                                                     |                   | 3.685                          | 17       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 4.962                          | 8        |          |                                                                                     |                   | 5.351                          | 18       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 4.294                          | 9        |          |                                                                                     |                   | 3.517                          | 19       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 5.916                          | 10       |          |                                                                                     |                   | 5.725                          | 20       |          |                                                                                       |
| 益膠泥    | 拋光石英磚 | 無                 | 20.61                          | 21       | G        |  | 2.5               | 8.625                          | 31       | GA       |  |
|        | 石板磚   |                   | 19.13                          | 22       |          |                                                                                     |                   | 6.864                          | 32       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 19.74                          | 23       |          |                                                                                     |                   | 9.612                          | 33       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 19.96                          | 24       |          |                                                                                     |                   | 8.451                          | 34       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 20.38                          | 25       |          |                                                                                     |                   | 9.307                          | 35       |          |                                                                                       |

(續下頁)



表 4.6 (續)

| 黏著劑 | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|-----|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 益膠泥 | 拋光石英磚 | 1.5               | 8.485                          | 26       | A        |    | 3                 | 4.754                          | 36       | GA       |    |
|     | 石板磚   |                   | 7.154                          | 27       |          |                                                                                     |                   | 3.215                          | 37       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 9.568                          | 28       |          |                                                                                     |                   | 6.956                          | 38       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 8.157                          | 29       |          |                                                                                     |                   | 6.025                          | 39       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 10.261                         | 30       |          |                                                                                     |                   | 7.615                          | 40       |          |                                                                                       |
| 矽利康 | 拋光石英磚 | 無                 | 6.836                          | 41       | GA       |   | 2.5               | 2.854                          | 51       | A        |   |
|     | 石板磚   |                   | 5.748                          | 42       |          |                                                                                     |                   | 2.214                          | 52       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 6.934                          | 43       |          |                                                                                     |                   | 2.524                          | 53       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 6.545                          | 44       |          |                                                                                     |                   | 2.012                          | 54       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 7.329                          | 45       |          |                                                                                     |                   | 2.512                          | 55       |          |                                                                                       |
|     | 拋光石英磚 | 1.5               | 2.245                          | 46       | A        |  | 3                 | 2.225                          | 56       | A        |  |
|     | 石板磚   |                   | 2.315                          | 47       |          |                                                                                     |                   | 1.873                          | 57       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 2.654                          | 48       |          |                                                                                     |                   | 3.179                          | 58       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 2.548                          | 49       |          |                                                                                     |                   | 3.102                          | 59       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 3.105                          | 50       |          |                                                                                     |                   | 2.452                          | 60       |          |                                                                                       |

(續下頁)



表 4.6 (續)

| 黏著劑  | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 白膠   | 拋光石英磚 | 無                 | 6.124                          | 61       | GA       |    | 2.5               | 3.158                          | 71       | AB       |    |
|      | 石板磚   |                   | 5.651                          | 62       |          |                                                                                     |                   | 2.215                          | 72       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 6.103                          | 63       |          |                                                                                     |                   | 2.364                          | 73       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 6.952                          | 64       |          |                                                                                     |                   | 2.562                          | 74       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 7.658                          | 65       |          |                                                                                     |                   | 3.089                          | 75       |          |                                                                                       |
|      | 拋光石英磚 | 1.5               | 3.254                          | 66       | AB       |   | 3                 | 4.963                          | 76       | AB       |   |
|      | 石板磚   |                   | 3.627                          | 67       |          |                                                                                     |                   | 4.358                          | 77       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 3.145                          | 68       |          |                                                                                     |                   | 4.698                          | 78       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 3.678                          | 69       |          |                                                                                     |                   | 4.758                          | 79       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 3.957                          | 70       |          |                                                                                     |                   | 5.378                          | 80       |          |                                                                                       |
| 保麗龍膠 | 拋光石英磚 | 無                 | 6.278                          | 81       | GA       |  | 2.5               | 4.391                          | 91       | AB       |  |
|      | 石板磚   |                   | 5.215                          | 82       |          |                                                                                     |                   | 3.485                          | 92       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 6.953                          | 83       |          |                                                                                     |                   | 4.308                          | 93       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 6.352                          | 84       |          |                                                                                     |                   | 4.102                          | 94       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 7.428                          | 85       |          |                                                                                     |                   | 4.526                          | 95       |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.6 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 保麗龍膠    | 拋光石英磚 | 1.5               | 3.465                          | 86       | AB       |    | 3                 | 3.627                          | 96       | AB       |    |
|         | 石板磚   |                   | 2.452                          | 87       |          |                                                                                     |                   | 2.981                          | 97       |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 3.658                          | 88       |          |                                                                                     |                   | 3.442                          | 98       |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 3.204                          | 89       |          |                                                                                     |                   | 3.458                          | 99       |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 3.915                          | 90       |          |                                                                                     |                   | 3.721                          | 100      |          |                                                                                       |
| AB 膠(1) | 拋光石英磚 | 無                 | 4.582                          | 101      | AB       |   | 2.5               | 8.482                          | 111      | AB       |   |
|         | 石板磚   |                   | 3.381                          | 102      |          |                                                                                     |                   | 7.905                          | 112      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 4.285                          | 103      |          |                                                                                     |                   | 8.637                          | 113      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 3.722                          | 104      |          |                                                                                     |                   | 8.785                          | 114      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 4.672                          | 105      |          |                                                                                     |                   | 8.934                          | 115      |          |                                                                                       |
|         | 拋光石英磚 | 1.5               | 5.696                          | 106      | AB       |  | 3                 | 5.363                          | 116      | AB       |  |
|         | 石板磚   |                   | 4.738                          | 107      |          |                                                                                     |                   | 4.658                          | 117      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 5.637                          | 108      |          |                                                                                     |                   | 5.561                          | 118      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 5.182                          | 109      |          |                                                                                     |                   | 4.297                          | 119      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 5.483                          | 110      |          |                                                                                     |                   | 5.127                          | 120      |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.6 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| AB 膠(Ⅰ) | 拋光石英磚 | 無                 | 2.587                          | 121      | AB       |    | 2.5               | 1.093                          | 131      | AB       |    |
|         | 石板磚   |                   | 2.152                          | 122      |          |                                                                                     |                   | 0.781                          | 132      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 2.817                          | 123      |          |                                                                                     |                   | 0.967                          | 133      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 2.783                          | 124      |          |                                                                                     |                   | 0.86                           | 134      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 3.125                          | 125      |          |                                                                                     |                   | 1.251                          | 135      |          |                                                                                       |
|         | 拋光石英磚 | 1.5               | 1.386                          | 126      | AB       |   | 3                 | 1.257                          | 136      | AB       |   |
|         | 石板磚   |                   | 1.125                          | 127      |          |                                                                                     |                   | 0.934                          | 137      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 1.521                          | 128      |          |                                                                                     |                   | 1.061                          | 138      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 1.783                          | 129      |          |                                                                                     |                   | 0.938                          | 139      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 1.927                          | 130      |          |                                                                                     |                   | 1.005                          | 140      |          |                                                                                       |
| AB 膠(Ⅱ) | 拋光石英磚 | 無                 | 5.826                          | 141      | AB       |  | 2.5               | 3.798                          | 151      | AB       |  |
|         | 石板磚   |                   | 5.625                          | 142      |          |                                                                                     |                   | 2.735                          | 152      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 5.912                          | 143      |          |                                                                                     |                   | 3.152                          | 153      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 5.782                          | 144      |          |                                                                                     |                   | 3.352                          | 154      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 6.351                          | 145      |          |                                                                                     |                   | 3.748                          | 155      |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.6 (續)

| 黏著劑        | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  |
|------------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| AB<br>膠(三) | 拋光石英磚 | 1.5               | 9.578                          | 146      | AB       |  | 3                 | 5.485                          | 156      | AB       |  |
|            | 石板磚   |                   | 8.265                          | 147      |          |                                                                                   |                   | 4.895                          | 157      |          |                                                                                     |
|            | 瓷質磚   |                   | 8.367                          | 148      |          |                                                                                   |                   | 6.125                          | 158      |          |                                                                                     |
|            | 石質磚   |                   | 8.158                          | 149      |          |                                                                                   |                   | 5.892                          | 159      |          |                                                                                     |
|            | 陶質磚   |                   | 9.127                          | 150      |          |                                                                                   |                   | 6.485                          | 160      |          |                                                                                     |

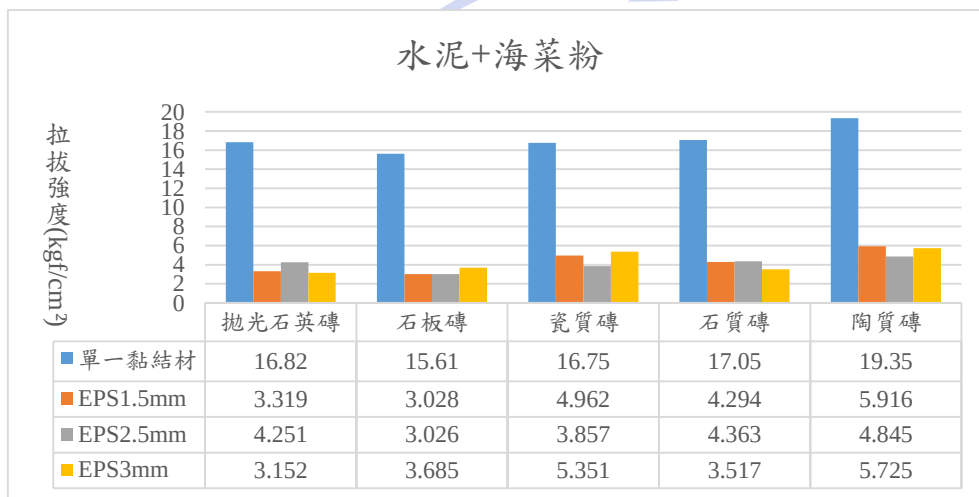


圖 4.10 改良硬底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉

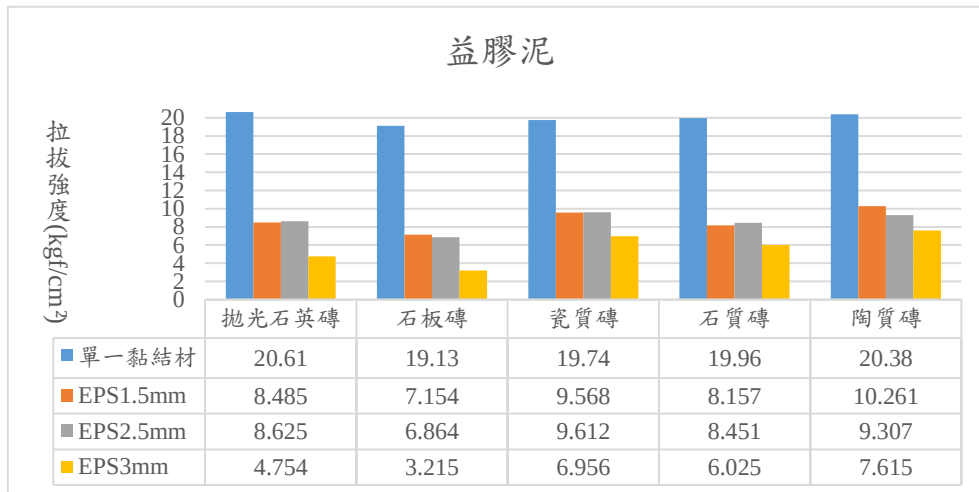


圖 4.11 改良硬底工法實驗結果比較-益膠泥

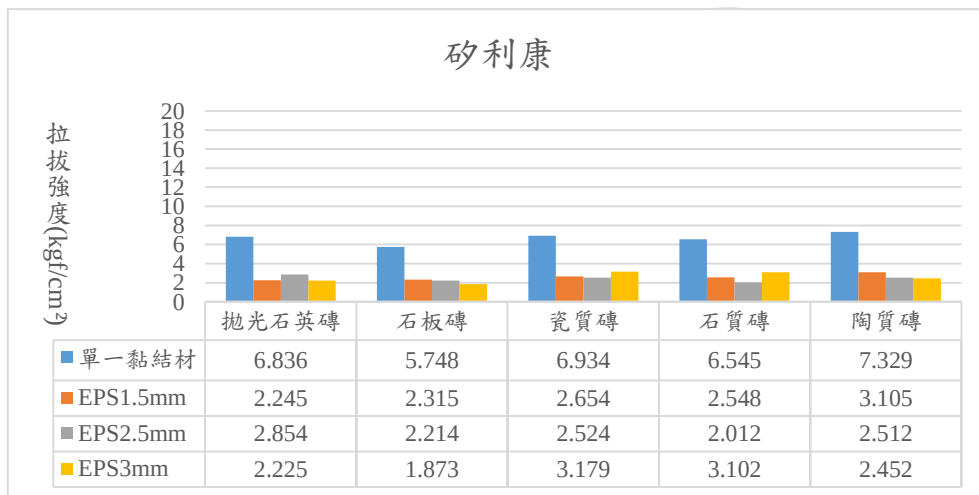


圖 4.12 改良硬底工法之實驗數據比較-矽利康

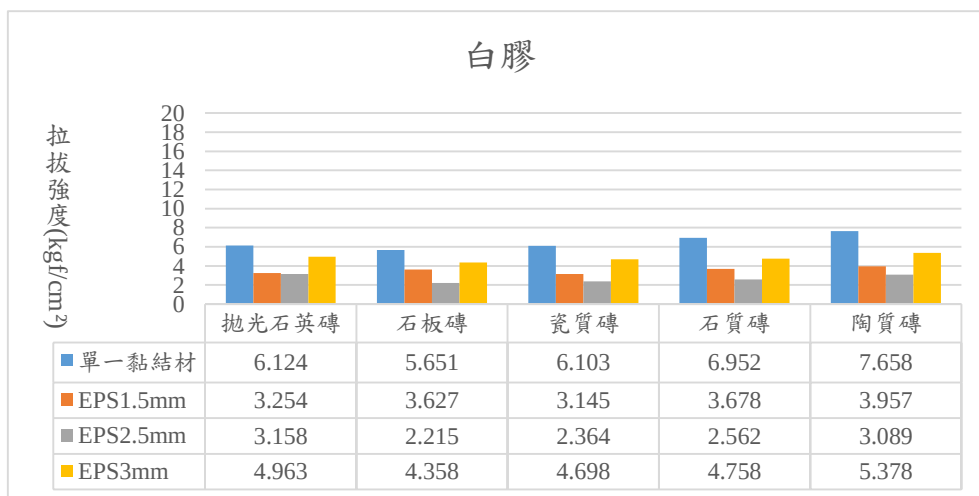


圖 4.13 改良硬底工法之實驗數據比較-白膠

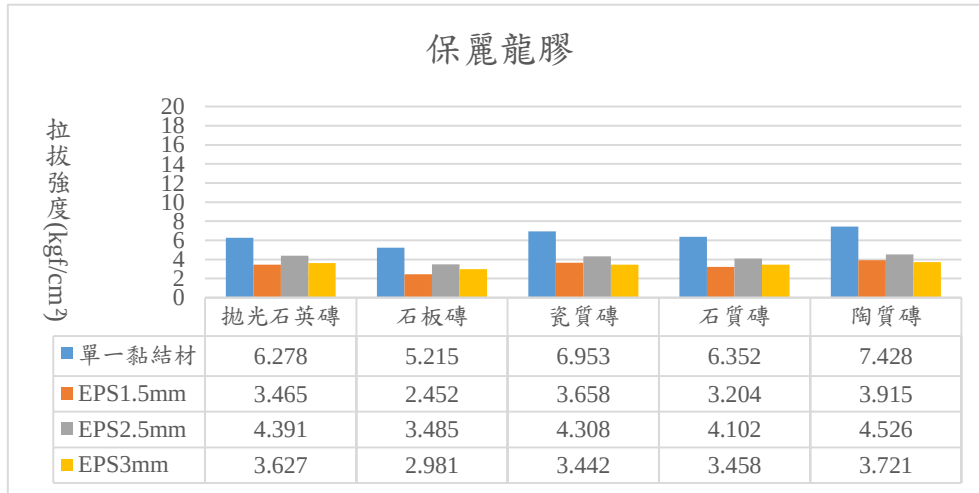


圖 4.14 改良硬底工法之實驗數據比較-保麗龍膠

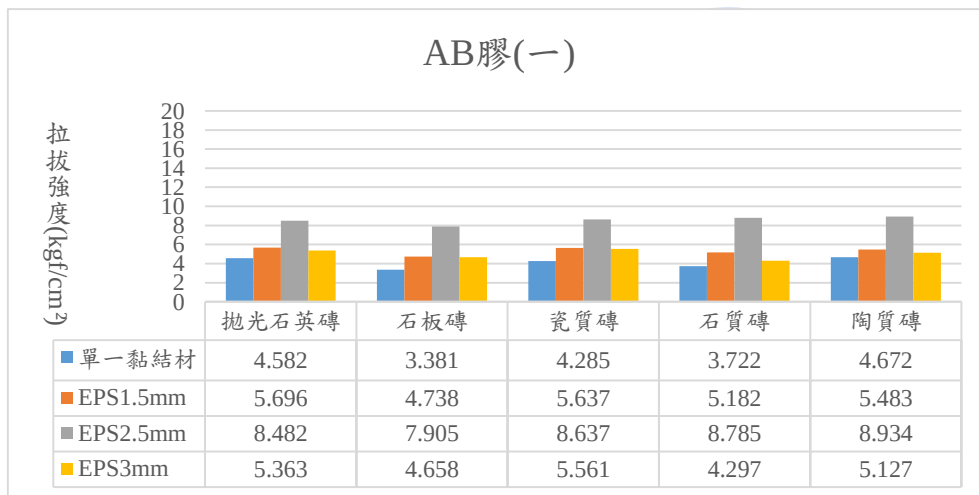


圖 4.15 改良硬底工法之實驗數據比較- AB 膠(一)

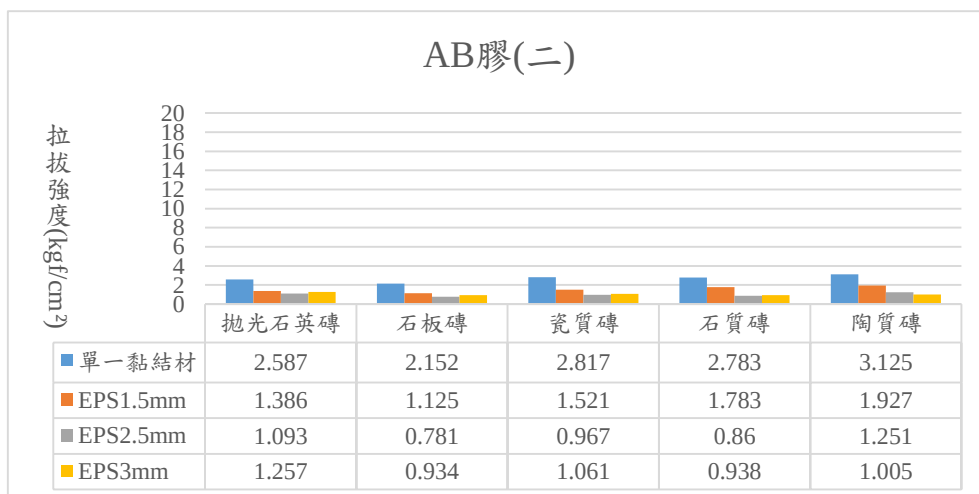


圖 4.16 改良硬底工法之實驗數據比較- AB 膠(二)

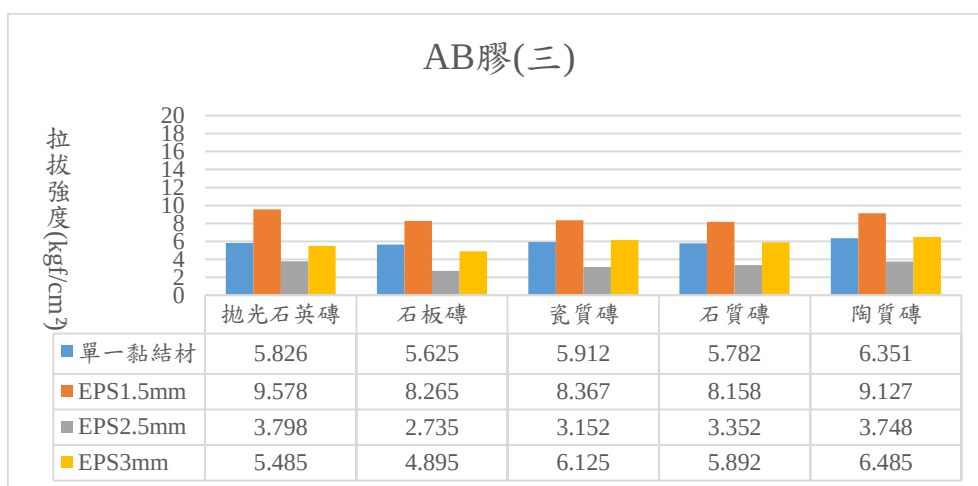


圖 4.17 改良硬底工法之實驗數據比較- AB 膠(三)

改良硬底工法為混凝土墊底底板及磁磚背面皆塗抹黏結材，於雙面塗抹之狀態下使墊底底板及面磚之間的黏結密度及強度提高，經磁磚拉拔試驗後，透過數據可得知，以單一黏結材進行黏貼時，水泥+海菜粉之拉拔強度平均增加了  $1.337 \text{ kgf/cm}^2$ ，益膠泥增加了  $3.474 \text{ kgf/cm}^2$ ，矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)均無明顯差異。而添加 EPS 顆粒時，水泥+海菜粉之拉拔強度平均增加了  $0.771 \text{ kgf/cm}^2$ ，益膠泥增加了  $1.183 \text{ kgf/cm}^2$ ，矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)平均增加了  $0.317 \text{ kgf/cm}^2$ ，其拉拔之最大載重斷裂位置與傳統硬底工法相同。

其中均達拉拔強度規範  $6 \text{ kgf/cm}^2$  之單一黏結材為水泥+海菜粉、益膠泥、矽利康及保麗龍膠，如圖 4.18 所示。而添加 EPS 顆粒拌合黏結材時，為益膠泥+1.5mmEPS、益膠泥+2.5mmEPS、AB 膠(一)+2.5mmEPS 及 AB 膠(三)+1.5mmEPS，強度均達到拉拔強度規範要求，如圖 4.19 所示。



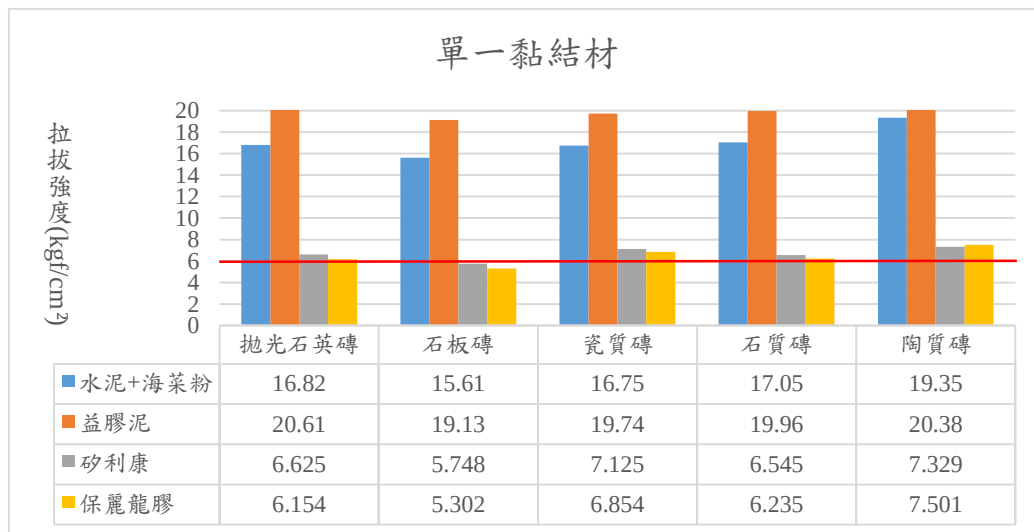


圖 4.18 硬底工法以單一黏結材之實驗數據

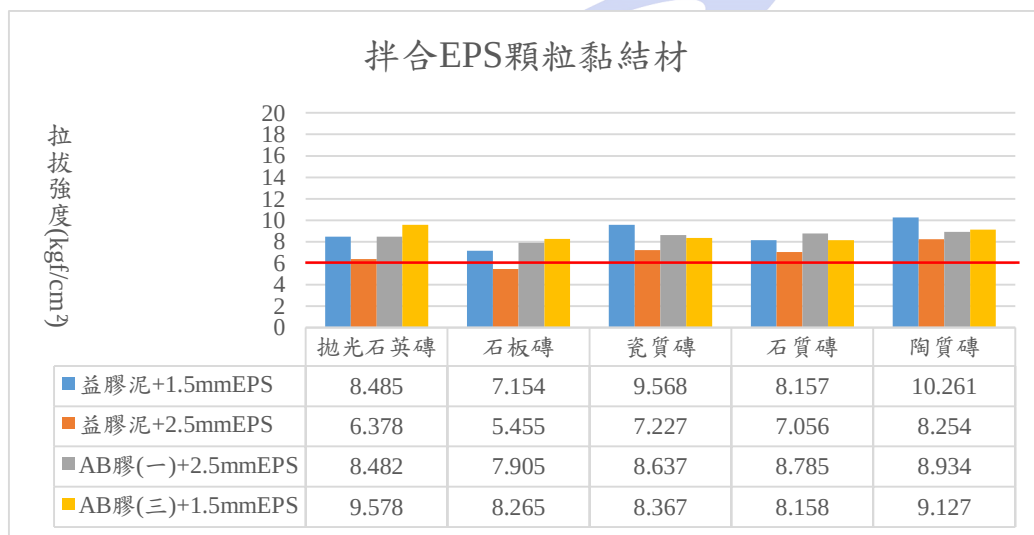


圖 4.19 硬底工法以拌合 EPS 黏結材之實驗數據

### 4.2.3傳統濕式軟底工法

本工法係於軟底打底層表面以梳型鏟刀塗上一層黏著劑，並分別為水泥+海菜粉(水:水泥:海菜粉=70:180:1)、益膠泥(水:益膠泥=73:200)、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)，添加 1.5mm、2.5mm 及 3mm 之 EPS 顆粒，以 0.297 之灰比進行黏貼比較，其鋪貼步驟如表 4.7 所示，實驗結果比較如表 4.8 所示及圖 4.20 至 4.27 所示。

表 4.7 傳統濕式軟底工法鋪貼步驟

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>Step1：混凝土墊底底板淋上土膏水，增加底材黏著強度。</p>                                                 | <p>Step2：將水泥砂漿填實至黏貼高度。</p>                                                           |
|   |   |
| <p>Step3：以搗棒搗實。</p>                                                                 | <p>Step4：用刮刀或鏟刀抹平。</p>                                                               |
|  |  |
| <p>Step5：將黏著劑以梳型鏟刀塗在水泥砂漿面上。</p>                                                     | <p>Step6：敲擊確認磁磚黏牢。</p>                                                               |
|  |                                                                                      |
| <p>Step7：以水平器微調磁磚確認與混凝土墊底底板水平。</p>                                                  |                                                                                      |

表 4.8 傳統濕式軟底工法之拉拔實驗結果

| 黏著劑    | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|--------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 水泥+海菜粉 | 拋光石英磚 | 無                 | 10.625                         | 1        | G        |    | 2.5               | 7.619                          | 11       | G        |    |
|        | 石板磚   |                   | 10.539                         | 2        |          |                                                                                     |                   | 8.735                          | 12       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 12.341                         | 3        |          |                                                                                     |                   | 8.113                          | 13       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 13.267                         | 4        |          |                                                                                     |                   | 8.497                          | 14       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 13.282                         | 5        |          |                                                                                     |                   | 8.105                          | 15       |          |                                                                                       |
|        | 拋光石英磚 | 1.5               | 10.946                         | 6        | G        |   | 3                 | 9.415                          | 16       | G        |   |
|        | 石板磚   |                   | 10.487                         | 7        |          |                                                                                     |                   | 9.021                          | 17       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 11.861                         | 8        |          |                                                                                     |                   | 9.635                          | 18       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 12.716                         | 9        |          |                                                                                     |                   | 9.871                          | 19       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 12.983                         | 10       |          |                                                                                     |                   | 9.967                          | 20       |          |                                                                                       |
| 益膠泥    | 拋光石英磚 | 無                 | 6.167                          | 21       | G        |  | 2.5               | 5.645                          | 31       | G        |  |
|        | 石板磚   |                   | 4.538                          | 22       |          |                                                                                     |                   | 5.218                          | 32       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 4.686                          | 23       |          |                                                                                     |                   | 6.381                          | 33       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 7.984                          | 24       |          |                                                                                     |                   | 6.037                          | 34       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 7.329                          | 25       |          |                                                                                     |                   | 7.549                          | 35       |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.8 (續)

| 黏著劑 | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|-----|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 益膠泥 | 拋光石英磚 | 1.5               | 7.756                          | 26       | G        |    | 3                 | 4.473                          | 36       | G        |    |
|     | 石板磚   |                   | 6.137                          | 27       |          |                                                                                     |                   | 3.834                          | 37       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 6.277                          | 28       |          |                                                                                     |                   | 6.675                          | 38       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 9.642                          | 29       |          |                                                                                     |                   | 6.644                          | 39       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 10.276                         | 30       |          |                                                                                     |                   | 7.133                          | 40       |          |                                                                                       |
| 矽利康 | 拋光石英磚 | 無                 | 4.286                          | 41       | GA       |   | 2.5               | 1.158                          | 51       | A        |   |
|     | 石板磚   |                   | 3.758                          | 42       |          |                                                                                     |                   | 0.678                          | 52       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 5.057                          | 43       |          |                                                                                     |                   | 0.963                          | 53       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 4.352                          | 44       |          |                                                                                     |                   | 0.732                          | 54       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 5.615                          | 45       |          |                                                                                     |                   | 1.238                          | 55       |          |                                                                                       |
|     | 拋光石英磚 | 1.5               | 1.682                          | 46       | A        |  | 3                 | 1.758                          | 56       | A        |  |
|     | 石板磚   |                   | 1.529                          | 47       |          |                                                                                     |                   | 1.075                          | 57       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 1.652                          | 48       |          |                                                                                     |                   | 2.534                          | 58       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 1.537                          | 49       |          |                                                                                     |                   | 2.497                          | 59       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 1.769                          | 50       |          |                                                                                     |                   | 1.805                          | 60       |          |                                                                                       |

(續下頁)



表 4.8 (續)

| 黏著劑  | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 白膠   | 拋光石英磚 | 無                 | 2.845                          | 61       | GA       |    | 2.5               | 2.846                          | 71       | A        |    |
|      | 石板磚   |                   | 2.578                          | 62       |          |                                                                                     |                   | 1.485                          | 72       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 3.645                          | 63       |          |                                                                                     |                   | 1.607                          | 73       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 3.25                           | 64       |          |                                                                                     |                   | 1.513                          | 74       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 3.967                          | 65       |          |                                                                                     |                   | 2.982                          | 75       |          |                                                                                       |
|      | 拋光石英磚 | 1.5               | 1.419                          | 66       | A        |   | 3                 | 3.587                          | 76       | A        |   |
|      | 石板磚   |                   | 1.057                          | 67       |          |                                                                                     |                   | 2.567                          | 77       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 1.944                          | 68       |          |                                                                                     |                   | 2.876                          | 78       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 1.523                          | 69       |          |                                                                                     |                   | 2.682                          | 79       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 1.862                          | 70       |          |                                                                                     |                   | 2.621                          | 80       |          |                                                                                       |
| 保麗龍膠 | 拋光石英磚 | 無                 | 5.208                          | 81       | GA       |  | 2.5               | 4.705                          | 91       | A        |  |
|      | 石板磚   |                   | 4.45                           | 82       |          |                                                                                     |                   | 4.356                          | 92       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 5.625                          | 83       |          |                                                                                     |                   | 4.642                          | 93       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 5.217                          | 84       |          |                                                                                     |                   | 4.437                          | 94       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 6.956                          | 85       |          |                                                                                     |                   | 4.881                          | 95       |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.8 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 保麗龍膠    | 拋光石英磚 | 1.5               | 4.336                          | 86       | A        |    | 3                 | 2.586                          | 96       | A        |    |
|         | 石板磚   |                   | 3.485                          | 87       |          |                                                                                     |                   | 2.102                          | 97       |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 4.628                          | 88       |          |                                                                                     |                   | 2.645                          | 98       |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 4.015                          | 89       |          |                                                                                     |                   | 2.582                          | 99       |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 4.864                          | 90       |          |                                                                                     |                   | 2.956                          | 100      |          |                                                                                       |
| AB 膠(1) | 拋光石英磚 | 無                 | 4.217                          | 101      | GA       |   | 2.5               | 7.427                          | 111      | GA       |   |
|         | 石板磚   |                   | 3.015                          | 102      |          |                                                                                     |                   | 6.482                          | 112      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 4.068                          | 103      |          |                                                                                     |                   | 7.364                          | 113      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 3.354                          | 104      |          |                                                                                     |                   | 7.128                          | 114      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 4.336                          | 105      |          |                                                                                     |                   | 7.346                          | 115      |          |                                                                                       |
|         | 拋光石英磚 | 1.5               | 4.835                          | 106      | GA       |  | 3                 | 4.928                          | 116      | GA       |  |
|         | 石板磚   |                   | 3.967                          | 107      |          |                                                                                     |                   | 4.246                          | 117      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 4.972                          | 108      |          |                                                                                     |                   | 5.168                          | 118      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 4.568                          | 109      |          |                                                                                     |                   | 4.081                          | 119      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 4.791                          | 110      |          |                                                                                     |                   | 4.639                          | 120      |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.8 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| AB 膠(Ⅰ) | 拋光石英磚 | 無                 | 2.428                          | 121      | GA       |    | 2.5               | 0.798                          | 131      | GA       |    |
|         | 石板磚   |                   | 2.105                          | 122      |          |                                                                                     |                   | 0.645                          | 132      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 2.655                          | 123      |          |                                                                                     |                   | 0.921                          | 133      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 2.573                          | 124      |          |                                                                                     |                   | 0.784                          | 134      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 2.846                          | 125      |          |                                                                                     |                   | 0.886                          | 135      |          |                                                                                       |
|         | 拋光石英磚 | 1.5               | 1.301                          | 126      | GA       |   | 3                 | 0.889                          | 136      | GA       |   |
|         | 石板磚   |                   | 1.135                          | 127      |          |                                                                                     |                   | 0.721                          | 137      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 1.428                          | 128      |          |                                                                                     |                   | 1.028                          | 138      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 1.293                          | 129      |          |                                                                                     |                   | 0.895                          | 139      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 1.386                          | 130      |          |                                                                                     |                   | 0.976                          | 140      |          |                                                                                       |
| AB 膠(Ⅱ) | 拋光石英磚 | 無                 | 10.685                         | 141      | G        |  | 2.5               | 4.368                          | 151      | GA       |  |
|         | 石板磚   |                   | 10.124                         | 142      |          |                                                                                     |                   | 3.927                          | 152      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 10.246                         | 143      |          |                                                                                     |                   | 4.012                          | 153      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 10.018                         | 144      |          |                                                                                     |                   | 3.857                          | 154      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 10.228                         | 145      |          |                                                                                     |                   | 4.135                          | 155      |          |                                                                                       |

(續下頁)



表 4.8 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| AB 膠(三) | 拋光石英磚 | 1.5               | 9.563                          | 146      | GA       |  | 3                 | 5.561                          | 156      | GA       |  |
|         | 石板磚   |                   | 9.129                          | 147      |          |                                                                                   |                   | 5.357                          | 157      |          |                                                                                     |
|         | 瓷質磚   |                   | 9.181                          | 148      |          |                                                                                   |                   | 5.655                          | 158      |          |                                                                                     |
|         | 石質磚   |                   | 9.063                          | 149      |          |                                                                                   |                   | 5.867                          | 159      |          |                                                                                     |
|         | 陶質磚   |                   | 9.313                          | 150      |          |                                                                                   |                   | 5.954                          | 160      |          |                                                                                     |

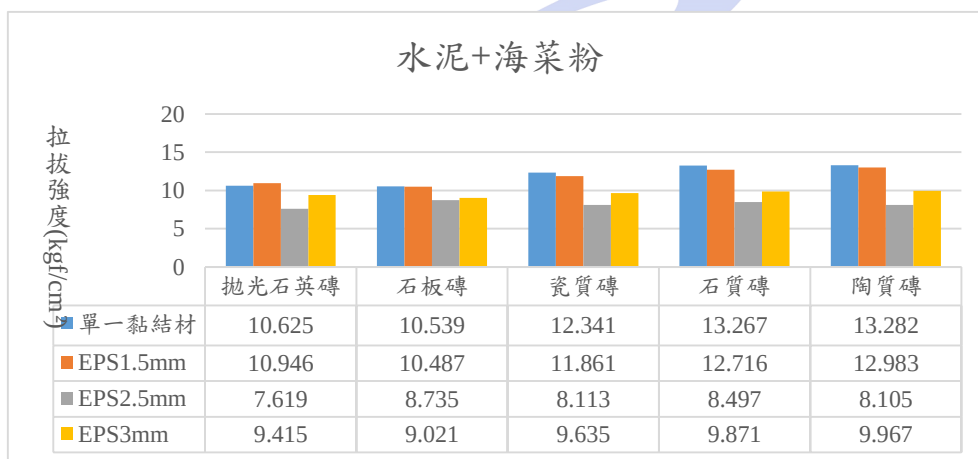


圖 4.20 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉

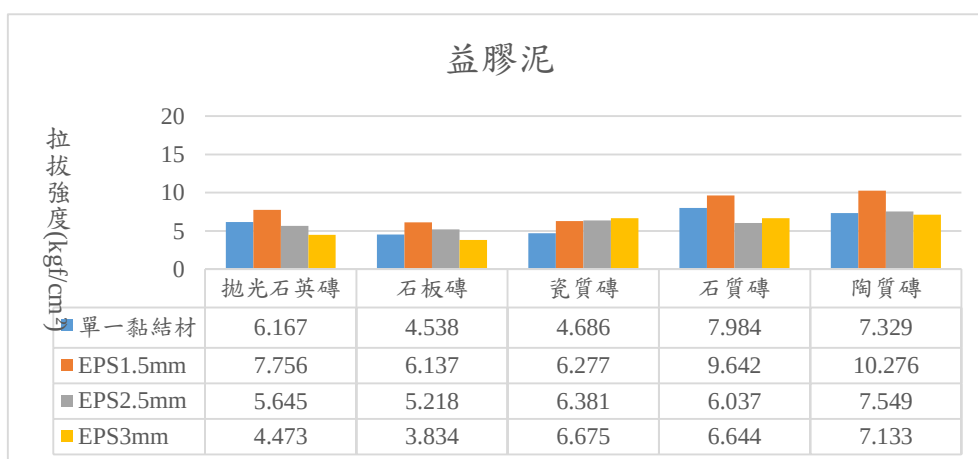


圖 4.21 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-益膠泥

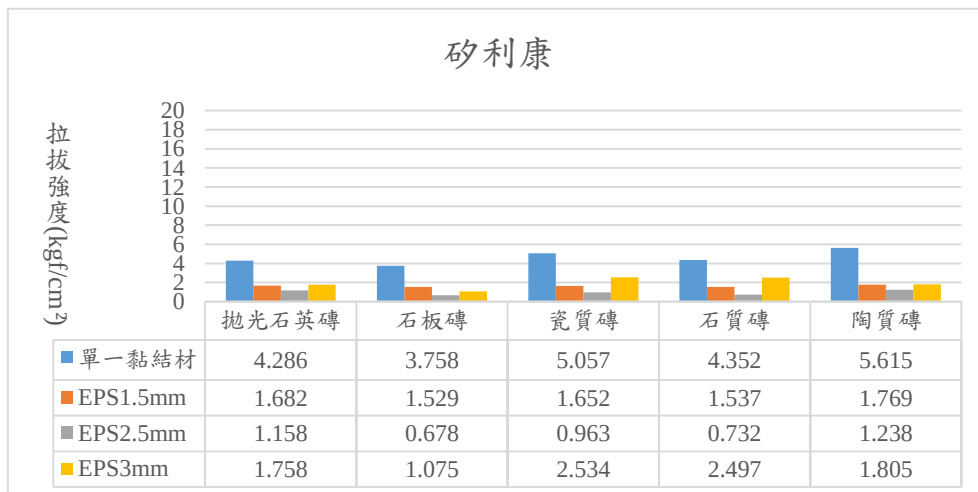


圖 4.22 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-矽利康

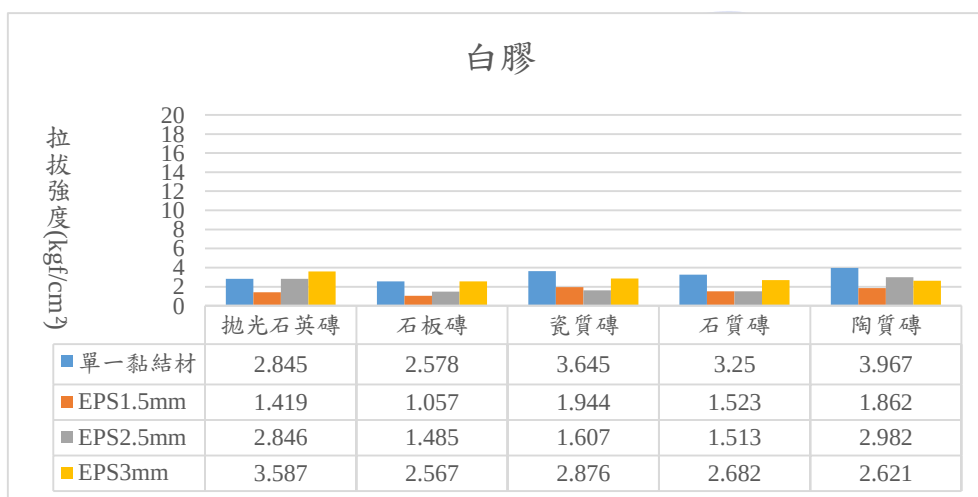


圖 4.23 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-白膠

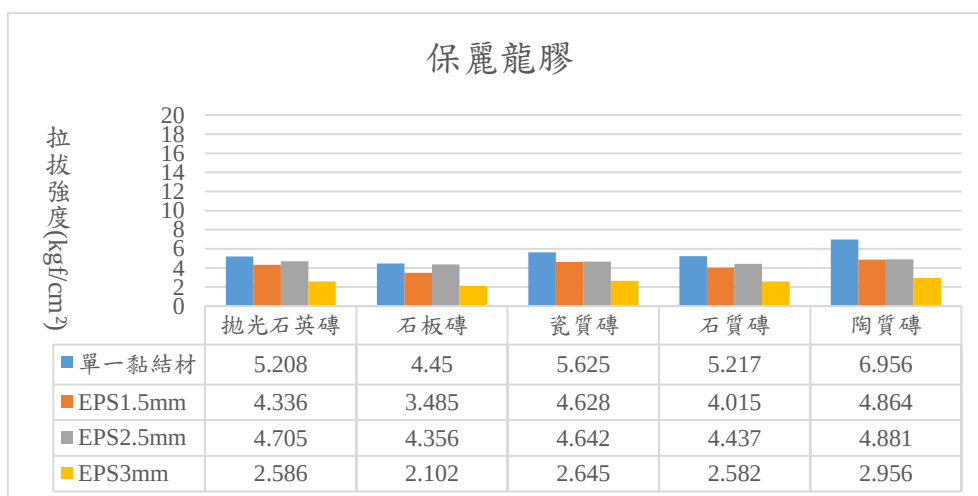


圖 4.24 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較-保麗龍膠

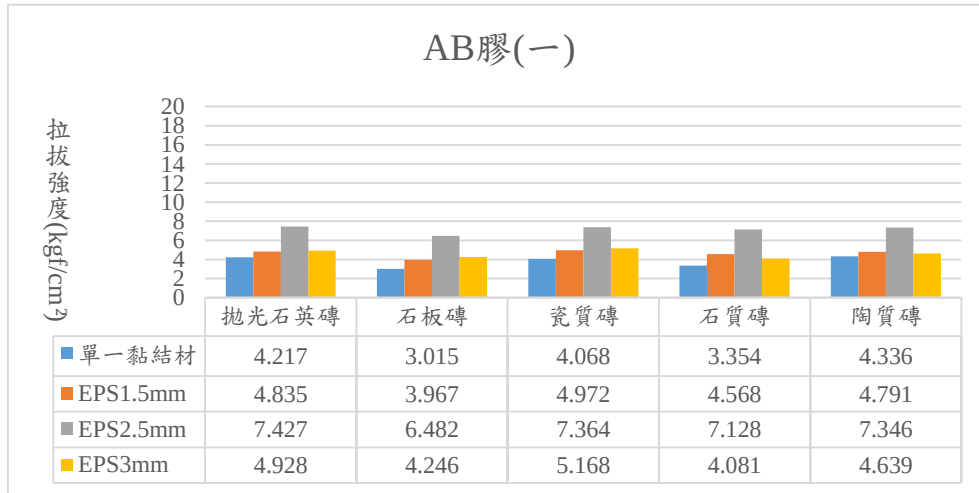


圖 4.25 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較- AB 膠(一)

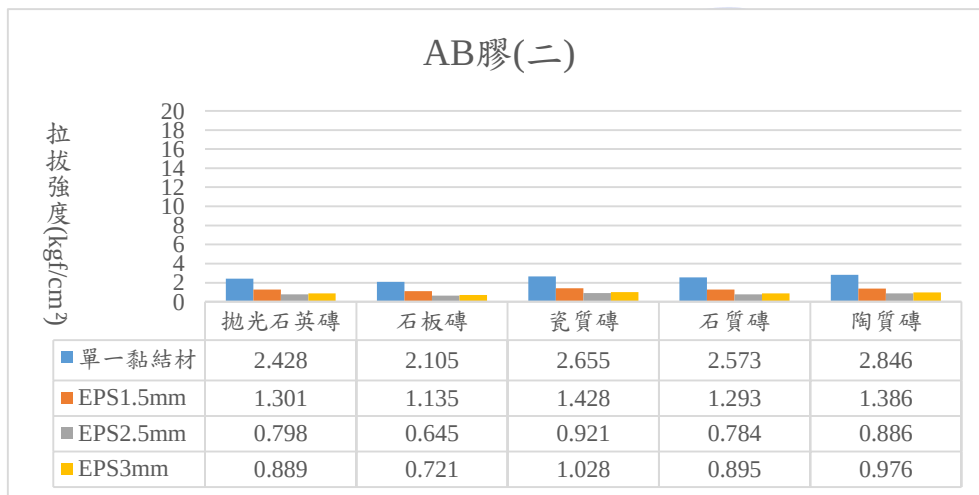


圖 4.26 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較- AB 膠(二)

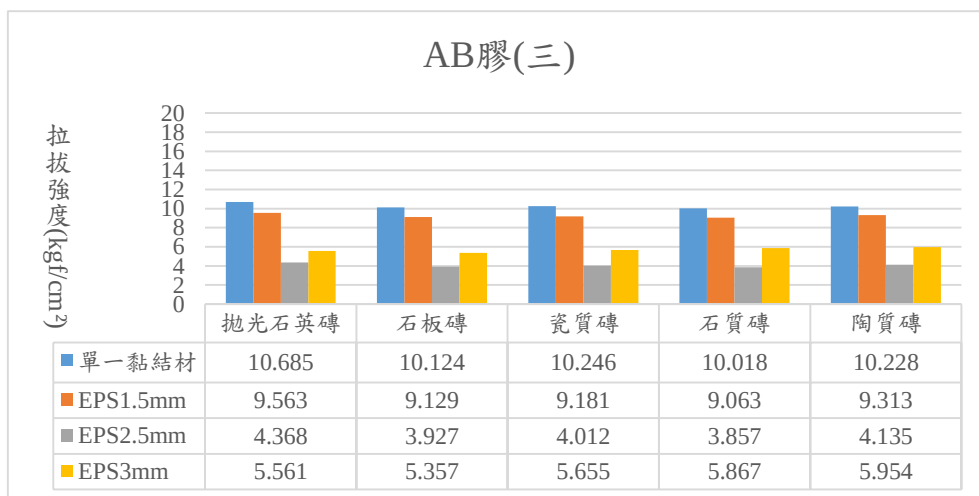


圖 4.27 傳統濕式軟底工法之實驗數據比較- AB 膠(三)

經磁磚拉拔試驗後，透過數據可得知，以單一黏結材進行黏貼時，水泥+海菜粉之拉拔強度平均為  $12.011 \text{ kgf/cm}^2$ ；益膠泥為  $6.141 \text{ kgf/cm}^2$ ；矽利康為  $4.614 \text{ kgf/cm}^2$ ；白膠為  $3.257 \text{ kgf/cm}^2$ ；保麗龍膠為  $5.491 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(一)為  $3.798 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(二)為  $2.521 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(三)為  $10.260 \text{ kgf/cm}^2$ 。其水泥+海菜粉、益膠泥及 AB 膠(三)拉拔之最大載重斷裂位置為墊底底板上，矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)之斷裂位置為墊底底板及黏結層之間。

而以 EPS 顆粒拌合黏結材進行黏貼時，水泥+海菜粉係為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，拉拔強度平均為  $11.799 \text{ kgf/cm}^2$ ；益膠泥為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $8.018 \text{ kgf/cm}^2$ ；矽利康為添加 EPS 顆粒 3mm 拉拔強度最佳，為  $1.934 \text{ kgf/cm}^2$ ；白膠為添加 EPS 顆粒 3mm 拉拔強度最佳，為  $2.867 \text{ kgf/cm}^2$ ；保麗龍膠為添加 EPS 顆粒 2.5mm 拉拔強度最佳，為  $4.604 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(一)為添加 EPS 顆粒 2.5mm 拉拔強度最佳，為  $7.149 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(二)為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $1.309 \text{ kgf/cm}^2$ ；AB 膠(三)為添加 EPS 顆粒 1.5mm 拉拔強度最佳，為  $9.250 \text{ kgf/cm}^2$ 。其水泥+海菜粉及益膠泥拉拔之最大載重斷裂位置為墊底底板上，矽利康、白膠及保麗龍膠之斷裂位置為黏結層，AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)為墊底底板及黏結層之間。

#### 4.2.4改良濕式軟底工法

本工法與傳統濕式軟底工法相似，係以混凝土墊底底板及磁磚背面皆塗上一層黏著劑，並以八種黏結材，分別為水泥+海菜粉(水:水泥:海菜粉=70:180:1)、益膠泥(水:益膠泥=73:200)、矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)，添加 1.5mm、2.5mm 及 3mm 之 EPS 顆粒，以 0.297 之水灰比及雙面塗抹進行黏貼比較，其鋪貼步驟如表 4.9 所示，實驗結果比較如表 4.10 所示及圖 4.28 至 4.35 所示。

表 4.9 改良濕式軟底工法鋪貼步驟

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>Step1：混凝土墊底底板淋上土膏水，增加底材黏著強度。</p>                                                 | <p>Step2：將水泥砂漿填實至黏貼高度。</p>                                                           |
|   |   |
| <p>Step3：以搗棒搗實。</p>                                                                 | <p>Step4：用刮刀或鏟刀抹平。</p>                                                               |
|  |  |
| <p>Step5：將黏著劑以梳型鏟刀塗在水泥砂漿面上。</p>                                                     | <p>Step6：磁磚背面亦以梳型鏟刀塗上黏著劑，並進行黏貼。</p>                                                  |
|  |  |
| <p>Step7：敲擊確認磁磚黏牢。</p>                                                              | <p>Step8：以水平器微調磁磚確認與混凝土墊底底板水平。</p>                                                   |



表 4.10 改良濕式軟底工法之拉拔實驗結果

| 黏著劑    | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|--------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 水泥+海菜粉 | 拋光石英磚 | 無                 | 13.326                         | 1        | G        |    | 2.5               | 8.012                          | 11       | G        |    |
|        | 石板磚   |                   | 12.086                         | 2        |          |                                                                                     |                   | 8.925                          | 12       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 13.271                         | 3        |          |                                                                                     |                   | 8.461                          | 13       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 14.236                         | 4        |          |                                                                                     |                   | 8.672                          | 14       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 14.839                         | 5        |          |                                                                                     |                   | 8.831                          | 15       |          |                                                                                       |
|        | 拋光石英磚 | 1.5               | 11.964                         | 6        | G        |   | 3                 | 10.115                         | 16       | G        |   |
|        | 石板磚   |                   | 11.758                         | 7        |          |                                                                                     |                   | 10.017                         | 17       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 12.637                         | 8        |          |                                                                                     |                   | 10.243                         | 18       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 13.152                         | 9        |          |                                                                                     |                   | 11.62                          | 19       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 13.614                         | 10       |          |                                                                                     |                   | 11.875                         | 20       |          |                                                                                       |
| 益膠泥    | 拋光石英磚 | 無                 | 13.48                          | 21       | G        |  | 2.5               | 7.125                          | 31       | G        |  |
|        | 石板磚   |                   | 10.015                         | 22       |          |                                                                                     |                   | 6.811                          | 32       |          |                                                                                       |
|        | 瓷質磚   |                   | 11.173                         | 23       |          |                                                                                     |                   | 7.849                          | 33       |          |                                                                                       |
|        | 石質磚   |                   | 12.648                         | 24       |          |                                                                                     |                   | 7.513                          | 34       |          |                                                                                       |
|        | 陶質磚   |                   | 12.742                         | 25       |          |                                                                                     |                   | 8.947                          | 35       |          |                                                                                       |

(續下頁)



表 4.10 (續)

| 黏著劑 | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|-----|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 益膠泥 | 拋光石英磚 | 1.5               | 9.784                          | 26       | G        |    | 3                 | 6.277                          | 36       | G        |    |
|     | 石板磚   |                   | 8.142                          | 27       |          |                                                                                     |                   | 5.638                          | 37       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 9.841                          | 28       |          |                                                                                     |                   | 7.475                          | 38       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 11.618                         | 29       |          |                                                                                     |                   | 7.44                           | 39       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 12.216                         | 30       |          |                                                                                     |                   | 7.911                          | 40       |          |                                                                                       |
| 矽利康 | 拋光石英磚 | 無                 | 4.775                          | 41       | G        |   | 2.5               | 1.456                          | 51       | G        |   |
|     | 石板磚   |                   | 4.218                          | 42       |          |                                                                                     |                   | 0.994                          | 52       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 5.656                          | 43       |          |                                                                                     |                   | 1.275                          | 53       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 4.861                          | 44       |          |                                                                                     |                   | 1.042                          | 54       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 6.112                          | 45       |          |                                                                                     |                   | 1.583                          | 55       |          |                                                                                       |
|     | 拋光石英磚 | 1.5               | 2.485                          | 46       | G        |  | 3                 | 2.328                          | 56       | G        |  |
|     | 石板磚   |                   | 2.387                          | 47       |          |                                                                                     |                   | 1.577                          | 57       |          |                                                                                       |
|     | 瓷質磚   |                   | 2.863                          | 48       |          |                                                                                     |                   | 2.997                          | 58       |          |                                                                                       |
|     | 石質磚   |                   | 2.718                          | 49       |          |                                                                                     |                   | 2.899                          | 59       |          |                                                                                       |
|     | 陶質磚   |                   | 3.446                          | 50       |          |                                                                                     |                   | 2.406                          | 60       |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.10 (續)

| 黏著劑  | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 白膠   | 拋光石英磚 | 無                 | 3.145                          | 61       | G        |    | 2.5               | 2.961                          | 71       | G        |    |
|      | 石板磚   |                   | 2.844                          | 62       |          |                                                                                     |                   | 1.795                          | 72       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 3.865                          | 63       |          |                                                                                     |                   | 1.888                          | 73       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 3.453                          | 64       |          |                                                                                     |                   | 1.791                          | 74       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 4.086                          | 65       |          |                                                                                     |                   | 2.997                          | 75       |          |                                                                                       |
|      | 拋光石英磚 | 1.5               | 1.699                          | 66       | G        |   | 3                 | 3.887                          | 76       | G        |   |
|      | 石板磚   |                   | 1.348                          | 67       |          |                                                                                     |                   | 2.914                          | 77       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 2.225                          | 68       |          |                                                                                     |                   | 3.176                          | 78       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 1.801                          | 69       |          |                                                                                     |                   | 3.084                          | 79       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 2.153                          | 70       |          |                                                                                     |                   | 3.011                          | 80       |          |                                                                                       |
| 保麗龍膠 | 拋光石英磚 | 無                 | 5.387                          | 81       | G        |  | 2.5               | 4.876                          | 91       | G        |  |
|      | 石板磚   |                   | 4.621                          | 82       |          |                                                                                     |                   | 4.511                          | 92       |          |                                                                                       |
|      | 瓷質磚   |                   | 5.785                          | 83       |          |                                                                                     |                   | 4.834                          | 93       |          |                                                                                       |
|      | 石質磚   |                   | 5.487                          | 84       |          |                                                                                     |                   | 4.608                          | 94       |          |                                                                                       |
|      | 陶質磚   |                   | 6.981                          | 85       |          |                                                                                     |                   | 5.022                          | 95       |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.10 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 保麗龍膠    | 拋光石英磚 | 1.5               | 4.507                          | 86       | G        |    | 3                 | 2.795                          | 96       | G        |    |
|         | 石板磚   |                   | 3.615                          | 87       |          |                                                                                     |                   | 2.421                          | 97       |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 4.898                          | 88       |          |                                                                                     |                   | 2.878                          | 98       |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 4.185                          | 89       |          |                                                                                     |                   | 2.779                          | 99       |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 5.033                          | 90       |          |                                                                                     |                   | 3.016                          | 100      |          |                                                                                       |
| AB 膠(1) | 拋光石英磚 | 無                 | 5.095                          | 101      | G        |   | 2.5               | 7.87                           | 111      | G        |   |
|         | 石板磚   |                   | 4.291                          | 102      |          |                                                                                     |                   | 6.924                          | 112      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 5.102                          | 103      |          |                                                                                     |                   | 7.806                          | 113      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 4.408                          | 104      |          |                                                                                     |                   | 7.641                          | 114      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 5.337                          | 105      |          |                                                                                     |                   | 7.776                          | 115      |          |                                                                                       |
|         | 拋光石英磚 | 1.5               | 5.074                          | 106      | G        |  | 3                 | 5.268                          | 116      | G        |  |
|         | 石板磚   |                   | 4.214                          | 107      |          |                                                                                     |                   | 4.938                          | 117      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 5.222                          | 108      |          |                                                                                     |                   | 5.517                          | 118      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 4.181                          | 109      |          |                                                                                     |                   | 4.457                          | 119      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 5.043                          | 110      |          |                                                                                     |                   | 4.956                          | 120      |          |                                                                                       |

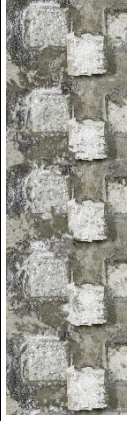
(續下頁)

表 4.10 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                    |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| AB 膠(一) | 拋光石英磚 | 無                 | 2.512                          | 121      | G        |    | 2.5               | 1.078                          | 131      | G        |    |
|         | 石板磚   |                   | 2.186                          | 122      |          |                                                                                     |                   | 1.007                          | 132      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 2.824                          | 123      |          |                                                                                     |                   | 1.112                          | 133      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 2.633                          | 124      |          |                                                                                     |                   | 1.076                          | 134      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 2.936                          | 125      |          |                                                                                     |                   | 1.167                          | 135      |          |                                                                                       |
|         | 拋光石英磚 | 1.5               | 1.402                          | 126      | G        |   | 3                 | 1.219                          | 136      | G        |   |
|         | 石板磚   |                   | 1.255                          | 127      |          |                                                                                     |                   | 1.056                          | 137      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 1.537                          | 128      |          |                                                                                     |                   | 1.359                          | 138      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 1.361                          | 129      |          |                                                                                     |                   | 1.243                          | 139      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 1.501                          | 130      |          |                                                                                     |                   | 1.308                          | 140      |          |                                                                                       |
| AB 膠(三) | 拋光石英磚 | 無                 | 10.948                         | 141      | G        |  | 2.5               | 4.476                          | 151      | G        |  |
|         | 石板磚   |                   | 10.848                         | 142      |          |                                                                                     |                   | 4.328                          | 152      |          |                                                                                       |
|         | 瓷質磚   |                   | 10.505                         | 143      |          |                                                                                     |                   | 4.386                          | 153      |          |                                                                                       |
|         | 石質磚   |                   | 10.387                         | 144      |          |                                                                                     |                   | 4.247                          | 154      |          |                                                                                       |
|         | 陶質磚   |                   | 10.578                         | 145      |          |                                                                                     |                   | 4.526                          | 155      |          |                                                                                       |

(續下頁)

表 4.10 (續)

| 黏著劑     | 種類    | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                | EPS<br>顆粒<br>(mm) | 拉拔強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 拉拔<br>位置 | 斷裂<br>位置 | 照片                                                                                  |
|---------|-------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| AB 膠(三) | 拋光石英磚 | 1.5               | 10.205                         | 146      | G        |  | 3                 | 5.877                          | 156      | G        |  |
|         | 石板磚   |                   | 9.647                          | 147      |          |                                                                                   |                   | 5.681                          | 157      |          |                                                                                     |
|         | 瓷質磚   |                   | 9.751                          | 148      |          |                                                                                   |                   | 5.992                          | 158      |          |                                                                                     |
|         | 石質磚   |                   | 9.523                          | 149      |          |                                                                                   |                   | 6.285                          | 159      |          |                                                                                     |
|         | 陶質磚   |                   | 10.079                         | 150      |          |                                                                                   |                   | 6.409                          | 160      |          |                                                                                     |

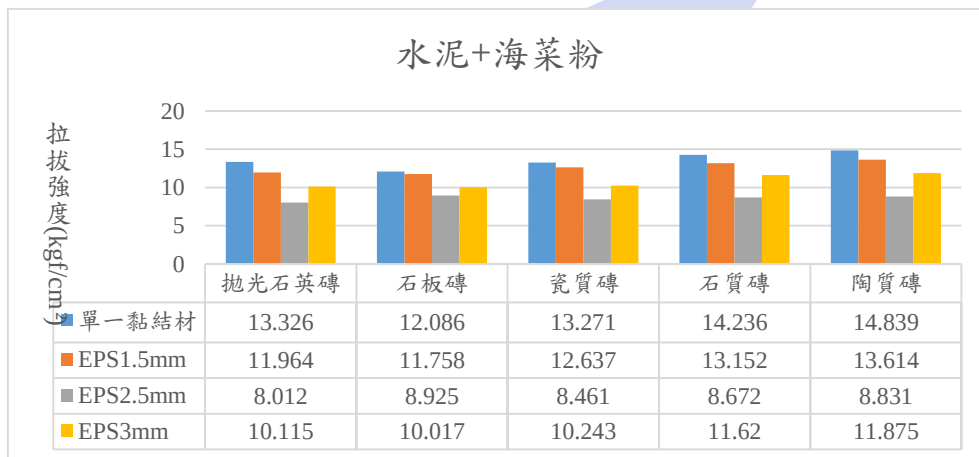


圖 4.28 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-水泥+海菜粉

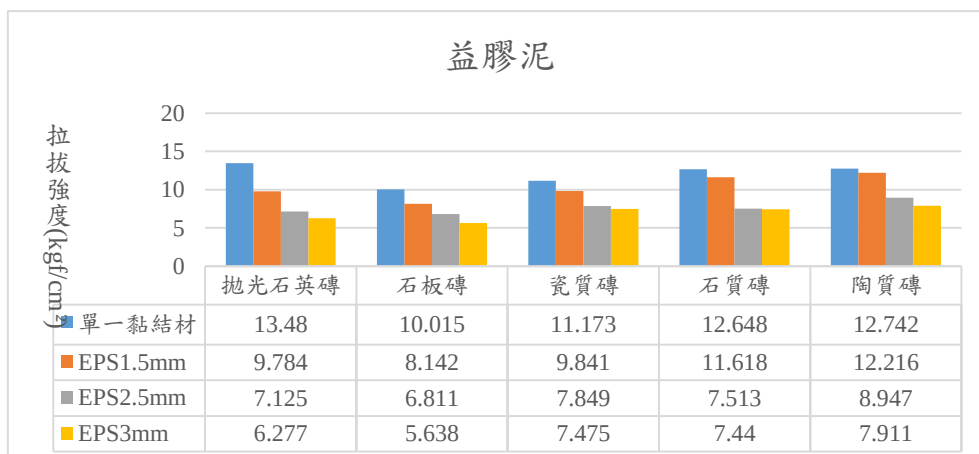


圖 4.29 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-益膠泥



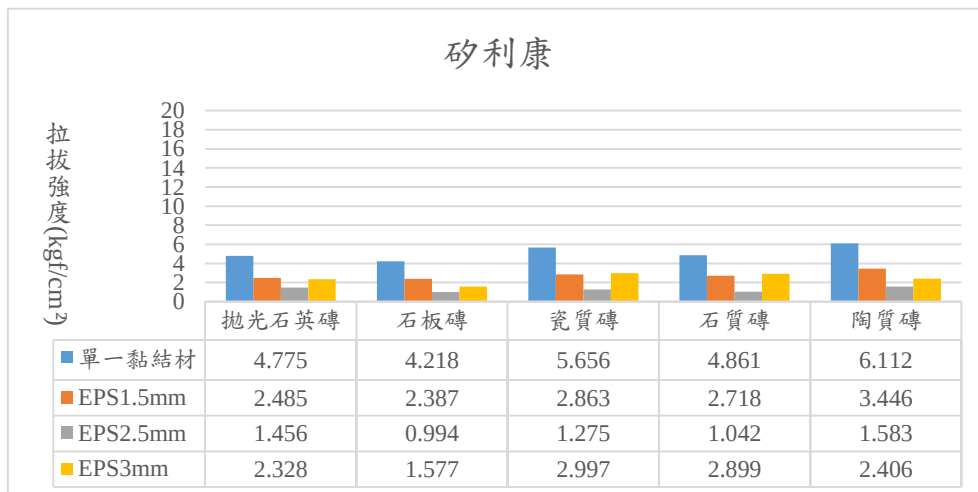


圖 4.30 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-矽利康

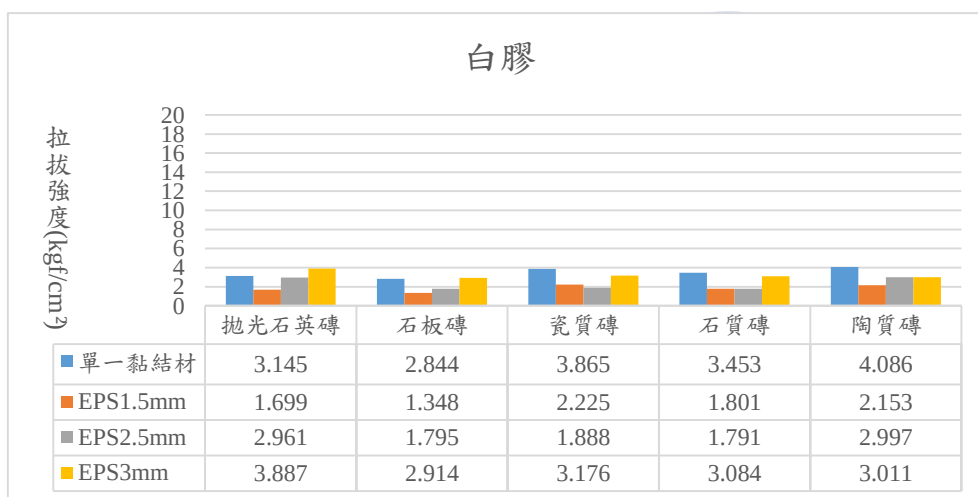


圖 4.31 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-白膠

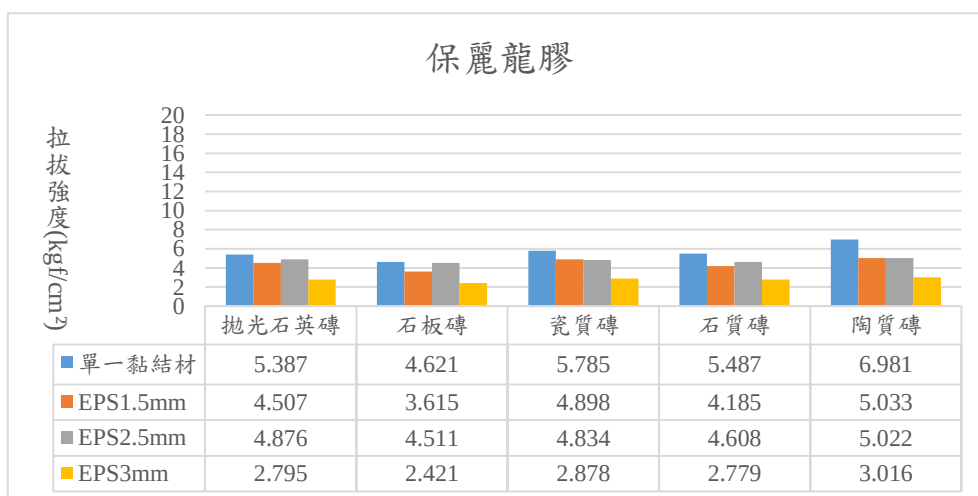


圖 4.32 改良濕式軟底工法之實驗數據比較-保麗龍膠



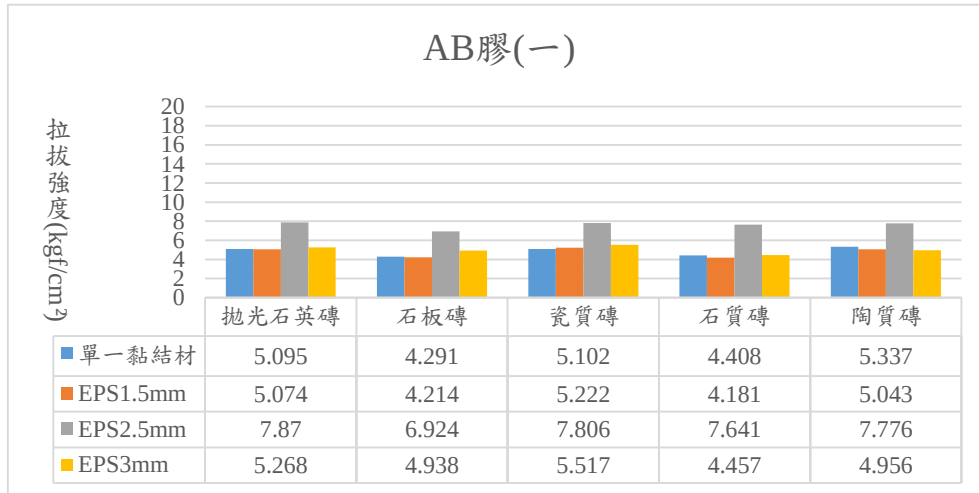


圖 4.33 改良濕式軟底工法之實驗數據比較- AB 膠(一)

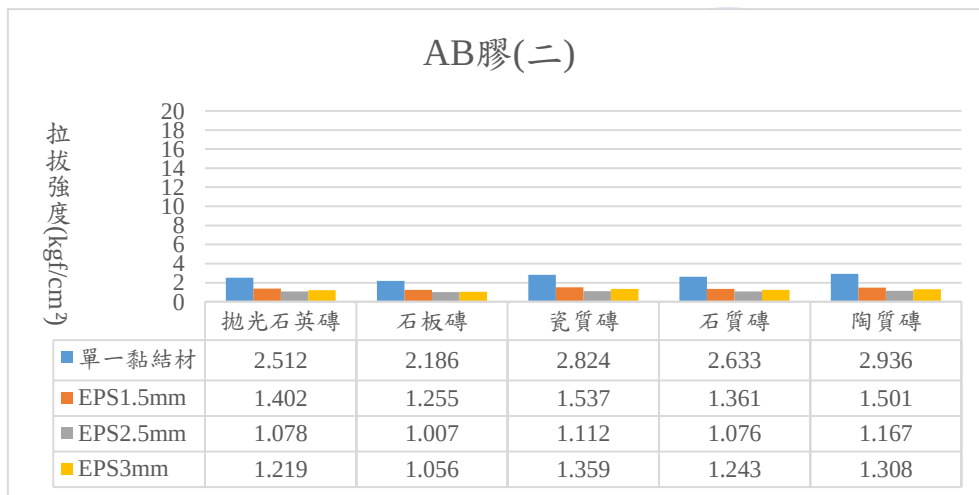


圖 4.34 改良濕式軟底工法之實驗數據比較- AB 膠(二)

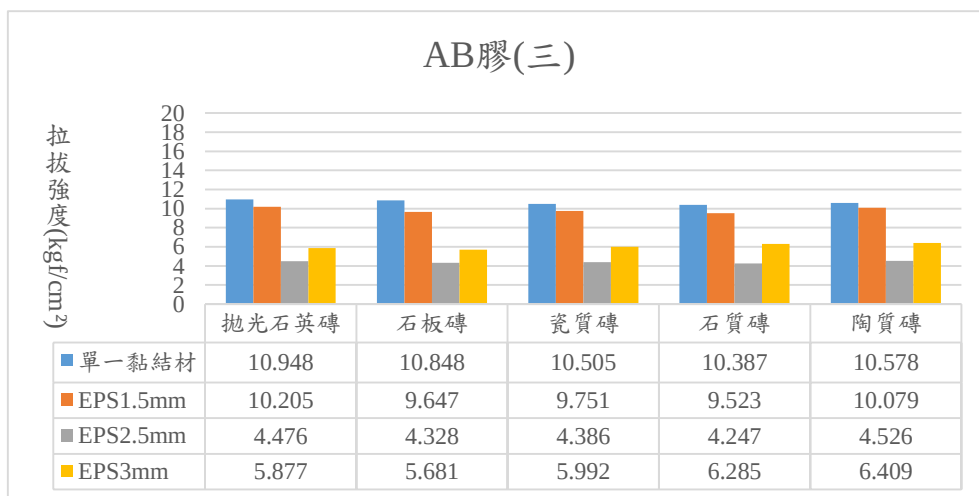


圖 4.35 改良濕式軟底工法之實驗數據比較- AB 膠(三)

經磁磚拉拔試驗後，透過數據分析可得知，本工法之黏結強度相較於傳統濕式軟底工法高，以單一黏結材進行黏貼時，水泥+海菜粉之拉拔強度平均增加了  $1.541\text{kgf/cm}^2$ ，益膠泥增加了  $5.871\text{kgf/cm}^2$ ，矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)均無明顯差異。添加 EPS 顆粒時，水泥+海菜粉之拉拔強度平均增加了  $0.795\text{kgf/cm}^2$ ，益膠泥增加了  $1.661\text{kgf/cm}^2$ ，而矽利康、白膠、保麗龍膠、AB 膠(一)、AB 膠(二)及 AB 膠(三)平均增加了  $0.353\text{kgf/cm}^2$ ，其拉拔之最大載重斷裂位置與傳統濕式軟底工法相同。

由測試結果顯示，達到拉拔強度規範要求之  $6\text{kgf/cm}^2$  的單一黏結材分別為水泥+海菜粉、益膠泥、及 AB 膠(三)，如圖 4.36 所示。而添加 EPS 顆粒拌合黏結材時，則為益膠泥+1.5mmEPS、益膠泥+2.5mmEPS、AB 膠(一)+2.5mmEPS 及 AB 膠(三)+1.5mmEPS 均有達到拉拔強度規範，如圖 4.37 所示。

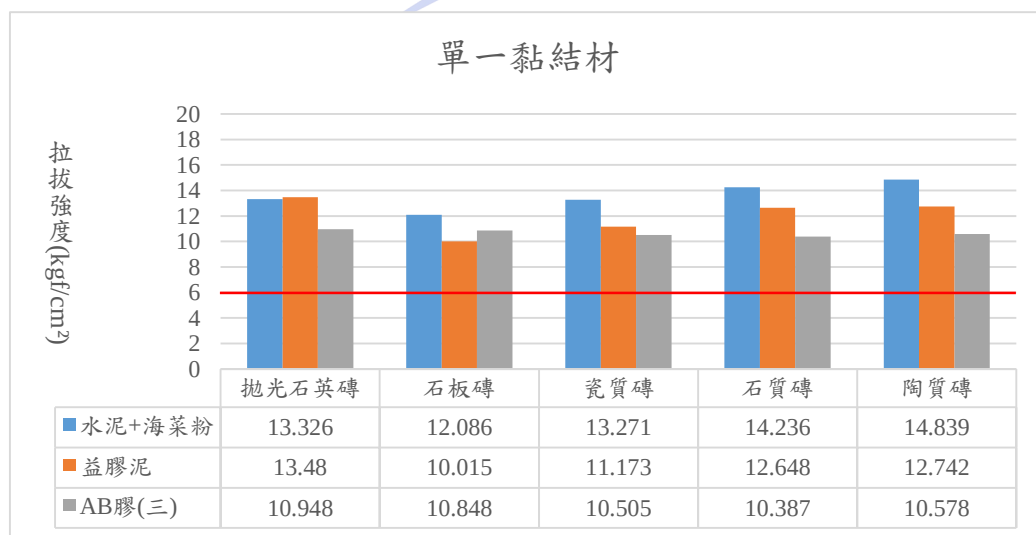


圖 4.36 軟底工法以單一黏結材之實驗數據

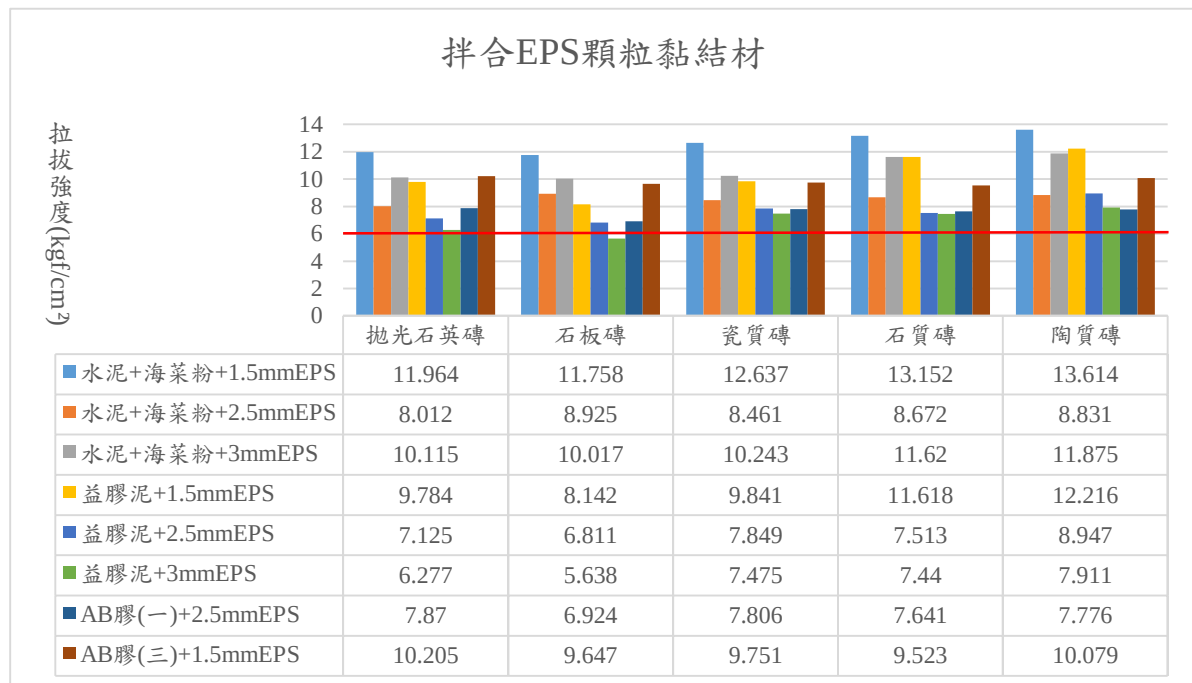


圖 4.37 軟底工法以拌合 EPS 黏結材之實驗數據

TAIPEI  
TECH

## 第五章 結論與建議

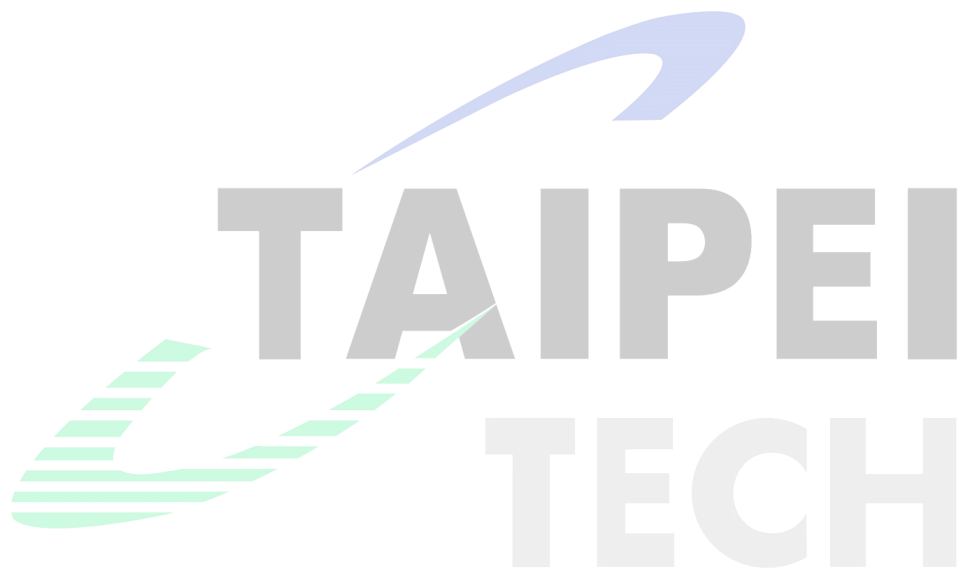
### 5.1 結論

本研究主要探討 EPS 顆粒結合於各種黏結材料上之應用，並以不同工法進行接著強度試驗，且依據公共工程施工綱要規範規定，其接著強度至少達  $6 \text{ kgf/cm}^2$ ，經實驗數據分析出以下結論：

- 一、本研究針對三種 EPS 顆粒配合拌合各種黏結材料進行拉拔試驗，由不同黏貼工法之測試結果分別得知，以軟底工法進行黏貼時，水泥加海菜粉拌合 1.5mm EPS 顆粒之拉拔強度最佳，其最高強度為  $13.614 \text{ kgf/cm}^2$ ；以硬底工法進行黏貼時，益膠泥拌合 1.5mm EPS 顆粒之拉拔強度最佳，其最高強度為  $10.261 \text{ kgf/cm}^2$ 。
- 二、根據添加 EPS 顆粒拌合各種黏結材料拉拔試驗結果，可得知下列結果：
  1. 以硬底工法進行黏貼時，為益膠泥+1.5mmEPS、益膠泥+2.5mmEPS、AB 膠(一)+2.5mmEPS 及 AB 膠(三)+1.5mmEPS 皆可達到拉拔強度規範。
  2. 以軟底工法進行黏貼時，為益膠泥+1.5mmEPS、益膠泥+2.5mmEPS、AB 膠(一)+2.5mmEPS 及 AB 膠(三)+1.5mmEPS 皆可達到拉拔強度規範。
- 三、AB 膠(一)拌合三種 EPS 顆粒時拉拔強度均較單一 AB 膠(一)佳，平均強度為  $6.05 \text{ kgf/cm}^2$ ；而 AB 膠(三)僅拌合 1.5mm EPS 顆粒時拉拔強度較單一 AB 膠(三)佳，平均為  $9.27 \text{ kgf/cm}^2$ ，且皆符合規範要求之  $6 \text{ kgf/cm}^2$ 。
- 四、除結論第三點外，其餘黏結材會隨著拌合 EPS 顆粒尺寸增加，其抗拉強度會相對降低；其原因可能為拌合情況對黏結材附著於 EPS 顆粒表面積之互制行為，值得後續研究再加以探討。

## 5.2 建議

- 一、本研究僅針對單一磁磚黏結材及 EPS 顆粒拌合黏結材做拉拔試驗，建議後續可進一步探討 EPS 顆粒拌合黏結材之隔熱性、隔音性、耐久性及剪力試驗等。
- 二、本研究並未針對 EPS 顆粒拌合黏結材之材料成本及人力成本分析，建議後續可進一步探討其經濟性及價值分析。
- 三、本研究之 EPS 顆粒僅使用一種克重 0.5g，建議後續可針對不同配重比例或黏結材之重量進行探討。



## 參考文獻

1. Aaboe, R., Evidence of EPS long term performance and durability as a light weigh fill, Transportation Research Board 79th Annual Meeting, Washington, D.C., 2000.
2. Horvath, J.S. "EPS Geofoam : New Products and Marketing Trends," GFR, Vol.13(6) , IFIA, St. Paul, MN, Pages 22-26, 1995.
3. Momayez, Ramezaniapour, Rajaie, & Ehsani. "Bi-Surface Shear Test for Evaluating Boundbetween Existing and New Concrete". *ACI MATERIALS JOURNAL*, Pages 99-100, 2004.
4. National Road Research Laboratory (NRRL), "Expanded Polystyrene Used in Road Embankments; Design, Construction and Quality Assurance, " Form 582E, Oslo, Norway, Pages 40, 1992.
5. EPS開發機構，2007，EPS施工方法設計、施工標準(草案)。
6. 于全偉、夏嘩熙、史淑蘭、王春久，2009，可再分散聚合物膠粉增強磁磚黏著劑對外牆磁磚黏結強度之研究，全國塗料會議論文，上海。
7. 山崎建一、伊藤達也撰，楊逸詠譯，1999，日本磁磚施工技術歷史變遷與新工法之開發與利用-從防止剝落之角度看日本面磚施工之動向，瓷磚材料科技與營建施工技術研討會。
8. 王慶煌，1992，營建自動化成效指標之訂定及調查，內政部建築研究所。
9. 中華民國國家標準，2016，CNS 9737 陶瓷面磚。
10. 中華民國國家標準，2016，CNS 3299-1~3299-13 陶瓷面磚試驗法。
11. 中華民國國家標準，2017，CNS 12611 陶瓷面磚用接著劑。
12. 行政院公共工程委員會，2021，施工綱要規範。
13. 李岳修，2011，地工泡棉塊體均勻性與製程品管探討，碩士論文，國立臺北科技大學。
14. 李文田，2005，磁磚工程黏著材料之試驗與研究，碩士論文，國立臺北科技大學。



15. 何泰源，2006，EPS輕質填土工法之特性及應用案例，台灣公路工程，第32卷，11期。
16. 林世堂，1993，外牆磁磚剝落原因及對策探討，空間雜誌特別增刊。
17. 林利國、李文勳，2000，EPS輕質填土工法之研究，中華顧問工程司研究報告。
18. 林志杰，2012，拋光石英磚隆起問題改善研究，碩士論文，國立雲林科技大學。
19. 黃柏維，2003，EPS防災應用性探討，碩士論文，國立臺北科技大學。
20. 曾禾光，2014，磁磚黏貼介面抗拉強度研究，碩士論文，國立雲林科技大學。
21. 黃兆龍，1985，磁磚工程品質控制概論，營建世界。
22. 詹彬，2021，地工泡棉(EPS)及複合材料隔熱性能研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
23. 鄭卓仁，2010，地工泡棉運用於落石防護之模擬測試研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
24. 鄭永欽、林利國，1998，道路工程的創新技術—Geofoam 回填材料，台灣省住都雙月刊，Vol. 136。
25. 積水化成品工業株式會社，2010，EPS土木施工法。
26. 林利國，1996，地工泡棉在道路邊坡之運用實務。
27. 黃景川，1997，超輕質路堤研究計畫。
28. 林利國，1998，臺灣地區骨材與EPS之現況探討。
29. 黃景川，1999，臺灣第一座超輕質(EPS)公路試驗路堤之設計施工與長期觀測。
30. 鄭永欽，2000，美國猶他州I-15州際公路重建工程概述及EPS之應用。
31. 劉資祺，2011，地工泡棉(EPS)於明隧道落石防災之應用研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
32. 李宇橋，2013，地工泡棉(EPS)生產製造與再生利用之能源與碳排放分析研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
33. 劉明聰，2013，地工泡棉於地下捷運管線工程之應用，碩士論文，國立臺北科技大學。

34. 林家緯，2014，地工泡棉(EPS)於墜落及噪音防制之可行性探討，碩士論文，國立臺北科技大學。
35. 陳瑋志，2014，地工泡棉(EPS)應用於路基之價值分析與施工碳排比較，碩士論文，國立臺北科技大學。
36. 李怡蕙，2014，地工泡棉(EPS)應用於災後道路復原工程之價值分析研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
37. 蘇宇傑，2015，臺灣發泡聚苯乙烯(EPS)回收策略之研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
38. 洪嘉陽，2015，地工泡棉(EPS)運用於人行磚之可行性研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
39. 洪竹鈞，地工泡棉(EPS)運用於隔間牆之可行性探討，碩士論文，國立臺北科技大學，2016。
40. 陳永銓，地工泡棉(EPS)應用於分隔島頭之可行性研究，碩士論文，國立臺北科技大學，2016。
41. 陳思羽，地工泡棉(EPS)彈性模數之探討，碩士論文，國立臺北科技大學，2018。
42. 洪崧歲，2018，地工泡棉(EPS)應用於石膏板輕隔間牆之隔音性能研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
43. 馬苡柔，2019，顆粒狀與塊狀EPS應用於石膏板輕隔間牆隔音之價值分析，碩士論文，國立臺北科技大學。
44. 廖志豪，2020，EPS運用在電梯直井之安全防護研究，碩士論文，國立臺北科技大學。
45. 蔡侑成，2020，應用虛擬實境探討地工泡棉(Geofoam)於電梯井防墜之研究，碩士論文，國立臺北科技大學。