

# 外牆瓷磚背溝形狀與尺寸對抗拉 接著強度之影響

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 108 年 12 月



PG10803-0248

# 外牆瓷磚背溝形狀與尺寸對抗拉 接著強度之影響

研究主持人：盧珽瑞

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 108 年 12 月



## 目次

## 摘要

<b>第一章 緒論</b> -----	1
第一節 研究動機與目的-----	1
第二節 研究內容-----	3
第三節 研究範圍-----	4
第四節 研究方法與步驟-----	6
第五節 研究限制-----	8
第六節 名詞定義-----	9
<b>第二章 文獻回顧</b> -----	11
第一節 國內相關文獻整理與分析-----	11
第二節 國外相關文獻整理與分析-----	13
第三節 外牆瓷磚的發展沿革-----	15
第四節 國內外相關法令規範-----	16
<b>第三章 實驗規畫與設計</b> -----	19
第一節 實驗步驟與流程-----	19
第二節 實驗規畫-----	21
第三節 市售瓷磚吸水率之實驗設計-----	24
第四節 外牆瓷磚抗拉接著強度之實驗設計-----	25
第五節 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度之實驗設計-----	27
第六節 市售瓷磚試體抗拉接著強度之實驗設計-----	28
<b>第四章 實驗過程與結果分析</b> -----	29
第一節 瓷磚吸水率試驗過程與結果分析-----	29
第二節 抗拉接著強度試驗之實驗過程-----	31
第三節 鐵製模擬試體接著強度實驗結果與分析-----	34

第四節 市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果與分析-----	37
第五節 小結-----	40
<b>第五章 結論與建議-----</b>	<b>41</b>
第一節 結論-----	41
第二節 建議-----	42
<b>參考書目-----</b>	<b>43</b>

## 表目次

表 1-1 外牆瓷磚的各項功能與特徵-----	1
表 1-2 高雄市 6 樓以上公寓大廈外牆瓷磚劣化情形統計-----	2
表 2-1 國內外牆瓷磚剝落原因與防止對策分析-----	11
表 2-2 國內外牆瓷磚相關專家學者之訪談結果-----	12
表 2-3 瓷磚與貼附用水泥砂漿間的剝離、剝落原因與對策-----	13
表 2-4 依不同大小的瓷磚而建議適當工法-----	14
表 2-5 台灣光復以後到現在外牆瓷磚的沿革-----	15
表 3-1 外牆瓷磚剝落原因與風險因子-----	21
表 3-2 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗設計-----	27
表 3-3 市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗設計-----	28
表 4-1 瓷磚試樣吸水率實驗結果統計-----	29
表 4-2 標準養護之處理條件-----	33
表 4-3 抗拉接著強度破壞位置-----	33
表 4-4 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果-----	34
表 4-5 市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果-----	37
表 4-6 瓷磚 1 與瓷磚 3 抗拉接著強度實驗結果比較-----	38
表 4-7 瓷磚 2 與瓷磚 3 抗拉接著強度實驗結果比較-----	39
表 4-8 瓷磚 1 與瓷磚 2 抗拉接著強度實驗結果比較-----	39





## 圖目次

圖 1-1 研究流程圖-----	7
圖 1-2 水泥砂漿硬底壓貼工法-----	9
圖 1-3 改良式水泥砂漿硬底壓貼工法-----	9
圖 3-1 實驗流程-----	20
圖 3-2 硬底壓貼工法-----	22
圖 3-3 改良式硬底壓貼工法-----	22



## 中文摘要

**關鍵詞：**外牆瓷磚、剝落、背溝、硬底壓貼工法

### 一、研究動機與目的

外牆是承受外部環境衝擊最嚴重的地方，外牆瓷磚一旦發生剝落，往往會造成人命的傷亡。為防止瓷磚剝落，造成公共危險，本研究乃運用實驗研究方法，針對瓷磚試體，進行抗拉接著強度試驗，期望透過本次研究，能對國內外牆瓷磚相關規定，提出具體改善建議。

### 二、研究方法

#### (一) 外牆瓷磚之吸水率試驗：

針對市售外牆瓷磚隨機取樣，並依據 CNS3299-3 陶瓷面磚試驗法進行吸水率試驗，以利取得適當吸水率的瓷磚作為本研究試樣。

#### (二) 依據 CNS12611 所規範之試驗方法，針對鐵製模擬試體及市售瓷磚進行抗拉接著強度試驗，以瞭解其接著強度及破壞行為。

### 三、重要發現

從鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果顯示：提昇外牆瓷磚抗拉接著強度，增加背溝深度效益最大，其次為背溝數量，再其次為鋪貼工法，最後為背溝形狀。從市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果顯示：以「吸水率」對接著強度影響最大，其次為「背溝深度」，再其次為「鋪貼工法」。

### 四、主要建議事項

#### 立即可行建議

建議一：定期辦理建築物外牆瓷剝落現況的調查統計。

主辦機關：營建署

建議營建署定期辦理國內直轄市建築物外牆瓷磚剝落現況的調查統計，以利作為研擬外牆瓷磚剝落改善對策之參考。

建議二：增（修）訂國內公共工程施工綱要。

主辦機關：行政院公共工程委員會

建議公共工程委員會修訂國內公共工程綱要施工規範第 09310 章，將外牆瓷磚之吸水率、背溝深度及鋪貼工法等規定，納入規範。



# Abstract

**Keywords: Exterior Wall Tile, Peeling, Back Groove, and Stick-on Press Pasting**

## **I. Research Motivation and Purpose**

The exterior wall is a place where suffers the most serious impact from the exterior environment. As soon as exterior wall tiles are peeled, they will lead to the injury and/or death. In order to prevent tile peeling from causing public danger, the experimental method will be employed in this research. The tensile adhesion strength tests will be conducted on the tile samples. It is expected the concrete improvements and suggestions can be proposed for exterior wall tiles in Taiwan by this research.

## **II. Research Method**

### (1) Water absorption test of exterior wall tile

Exterior wall tiles commercially available were randomly sampled, and water absorption tests were conducted according to CNS3299-3 “Ceramic Floor Tile Test Method”, so that can obtain the tiles with appropriate water absorption as samples in this research.

### (2) The tensile adhesion strength tests will be conducted on the iron simulation samples and tiles commercially available according to the testing method specified in CNS12611, so that can understand the adhesion strength and destruction behavior.

## **III. Important Research Result**

The experimental results from the iron simulation samples showed: the enhancement of tensile adhesion strength increases the maximum benefit of “the depth of back groove”, followed by “the quantity of back groove”, “paving pasting” and “the shape of back groove”. The experimental results from tiles commercially available showed: the “water absorption” made maximum influence on adhesion strength, followed by “the depth of back groove” and “paving pasting”.

#### **IV. Main Suggestions**

##### **Immediate recommendations**

**Suggestion 1:** Periodically and statistically investigate the current condition of exterior wall peeling for buildings.

**Executive institution:** Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior

It is recommended the Construction and Planning Agency should periodically and statistically investigate the current condition of exterior wall peeling for buildings in Taiwan's municipality, so that can be used to plan for the measures on improving exterior wall peeling.

**Suggestion 2:** Add (revise) the Public Work Guideline.

**Executive institution:** Public Construction Commission, Executive Yuan

It is recommended the Public Construction Commission should revise Chapter 09310 of Construction Specifications of Public Work Guideline, and incorporate with the water absorption of external wall tile, the depth of back groove as well as the paving and pasting method.

# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機與目的

外牆瓷磚鋪貼可以改善建築物的外觀，提供外牆保護的功能（詳如表 1-1）；但是，構成建築物的諸元素中，外牆也是承受外部環境衝擊最嚴重的地方。

表 1-1 外牆瓷磚的各項功能與特徵

功能項目		特徵
耐久 性	耐候性	耐候性良好，不會變色、褪色。
	耐水性	耐水性強，不會因為泡水而影響強度。
	耐酸鹼性	除部分無釉瓷磚會因為酸性物質而稍微變色，整體而言瓷磚的耐酸鹼性強。
可設計性		瓷磚能製成其他各種不同形狀、顏色。
容易維護		瓷磚有汙漬附著，很容易清除。
對建築物外牆有保護作用		瓷磚可以預防水泥中性化及預防鹽害，對建築物外牆有很高的保護效果。

資料來源：日本獨立行政法人能力開發研究中心，2008。

當瓷磚與底材間的介面<sup>1</sup>因設計、施工品質或天候、地震的影響，產生了損壞或劣化，就會使瓷磚產生龜裂、剝離、剝落<sup>2</sup>等現象。為瞭解外牆瓷磚劣化的情況，高雄市政府於 103 年 6 月底委託高雄第一科技大學進行 38 個行政區 6 樓以上公寓大廈之外牆瓷磚劣化情形清查，共完成了 4256 件(如表 1-2)；其中嚴重剝落者 173 件(4%)，中度剝落者 211 件(5%)，輕度剝落者 475 件(11%)<sup>3</sup>。

<sup>1</sup> 外牆磁磚發生損壞或劣化的介面包括：1.磁磚 2.磁磚與黏著層界面 3.黏著層 4.黏著層與粉刷層界面 5.粉刷層 6.粉刷層與外牆結構體界面 7.外牆結構體本身(林世堂，1993)。

<sup>2</sup> 何明錦、吳毓勳、石正義，建築飾材技術規範之研究(二)磁磚工程設計與施工規範解說，2001，2-6~2-7。

<sup>3</sup> 高雄市建築物公共安全網，  
<https://build.kcg.gov.tw/pubsafety/ResultsShowContent.aspx?id=2&page=1>，2019/7/24。

表 1-2 高雄市 6 樓以上公寓大廈外牆瓷磚劣化情形統計

剝落現況	屋齡與瓷磚剝落機率交叉分析								
	5 年以下	6 至 10 年	11 至 15 年	16 至 20 年	21 至 25 年	26 至 30 年	31 至 35 年	36 年以上	合計
嚴重	0	2	0	58	50	23	29	11	173
中度	1	2	1	86	59	27	29	6	211
輕度	4	13	23	168	167	34	53	13	475
數量	214	306	335	1354	1130	353	447	117	4256
每 5 年剝落比例	2%	6%	7%	23%	24%	24%	25%	26%	

資料來源：國立高雄第一科技大學提供/製作；高雄市政府工務局建築管理處版權所有，2014。

為防止瓷磚剝落對人命造成傷害，經濟部國家標準檢驗局於民國 100 年 5 月規定外牆壁磚在 60 平方公分以上，必須按 CNS9737 作倒勾狀背溝，其深度須在 1.5MM 以上。

台灣自光復以來，瓷磚本身尺寸與重量有逐年加大與變重的趨勢。部分臺製外牆瓷磚之背溝，雖然已符合國家標準之規定，但是仍被質疑有背溝太窄、深度不夠，倒鈎設計不明顯的現象<sup>4</sup>。因此，本研究主要是針對不同背溝形式、尺寸與鋪貼工法之交叉組合，進行抗拉接著強度試驗，瞭解瓷磚背溝形狀與尺寸對抗拉接著強度之影響，以利修正國內建築物外牆瓷磚鋪貼相關規定，減少瓷磚剝落的機會。

<sup>4</sup> 吳明修，台灣建築的磁磚品質與維護之課題，建築外牆磁磚耐用診斷與維修技術研習會論文集，2007，11-3。



## 第二節 研究內容

### 一、文獻回顧：

針對建築物外牆瓷磚剝落原因與對策之國內外相關文獻進行整理與分析。

### 二、外牆瓷磚之吸水率試驗：

針對市售之外牆磚，進行吸水率試驗，以利選擇適當之市售瓷磚試樣，進行抗拉接著強度試驗。

### 三、抗拉接著強度試驗：

針對不同背溝形式、張貼工法之交叉組合，進行鐵製模擬瓷磚試體及市售瓷磚試體抗拉接著強度試驗，以利瞭解其接著強度。

### 第三節 研究範圍

#### 一、外牆瓷磚的界定：

- (一) 國際標準組織(ISO13006)：依據 ISO13006 之定義，瓷磚係由粘土和/或其他無機原料製成的薄板，通常用作地板和牆壁的覆蓋物，通常通過在室溫下擠出 (A) 或壓製 (B) 而成形，但也可以通過其他方法形成，然後乾燥，隨後在足以產生所需性能的溫度下燒製<sup>5</sup>。
- (二) 日本工業標準 (JIS A 5209)：依其規範，瓷磚的種類可區分為下列幾類：
1. 依名稱區分：內裝瓷磚 (用於屋內牆壁及樓地板)、外裝瓷磚 (用於屋外之外牆)<sup>6</sup>、戶外樓地板用瓷磚及馬賽克 (表面積在 50 平方公分以下之瓷磚)。
  2. 依材質區分：瓷質瓷磚、石質瓷磚、陶質瓷磚。
- (三) CNS 中華民國國家標準 (CNS 9737)：
- 陶瓷面磚為用於牆面及地面具有裝飾及作為保護用之裝修材料，以黏土或其他無機原料加以成形，經高溫燒結而成；依其規範可區分為下列幾類：
1. 依主要用途區分：內裝壁磚、內裝馬賽克 (表面積在 50 平方公分以下之面磚) 壁磚、內裝地磚、內裝馬賽克地磚、外裝壁磚、外裝馬賽克壁磚、外裝地磚、外裝馬賽克地磚。
  2. 依吸水率區分：I<sub>a</sub>類 (0.5%)、I<sub>b</sub>類 (3.0%)、II類 (10.0%)、III類 (50.0%)<sup>7</sup>。

<sup>5</sup> 國際標準組織，ISO13006，2012，6。

<sup>6</sup> 厚度在 2.5mm 以上或面積在 0.1m<sup>2</sup> 以上的瓷磚，以手貼工法施工時，原則上應設置拉繫五金將瓷磚與底材緊密連結。

<sup>7</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS9737，2016，7。

(四) 本研究係以表面積大於  $60\text{cm}^2$ 、小於  $1000\text{cm}^2$ 、厚度在  $25\text{mm}$  以下，覆蓋於外牆，吸水率在  $10\%$  以下的外牆瓷磚為研究範圍。

## 二、瓷磚背溝的界定：

(一) 日本工業標準 (JIS A 5209)：

瓷磚背溝(裏あし)係指為加強接著劑的接著，而在瓷磚背面附有溝狀條紋或凹凸狀溝紋者；瓷磚表面積在  $60\text{cm}^2$  以上，背溝深度須在  $1.5\text{mm}$  以上， $3.5\text{mm}$  以下，呈燕尾狀<sup>8</sup>。

(二) 中華民國國家標準 (CNS 9737)：

瓷磚背溝係指為使與水泥砂漿等之接著牢固，於面磚之背面所作成之凹溝或凸條；瓷磚表面積在  $60\text{cm}^2$  以上，背溝深度須在  $1.5\text{mm}$  以上， $3.5\text{mm}$  以下，呈倒勾狀<sup>9</sup>。

(三) 本研究之瓷磚背溝係指為使與水泥砂漿等之接著牢固，於面磚之背面所作成之凹溝。

## 三、抗拉接著強度的界定：

(一) 國際標準規範 (ISO 13007-1)：

抗拉接著強度係指每單位表面區域可測量出抗拉的最大接著強度<sup>10</sup>

(二) 中華民國國家標準 (CNS 12611)：

抗拉接著強度(F) = 最大拉伸載重(P) / 面磚面積(A)<sup>11</sup>

(三) 本研究之抗拉接著強度係指每單位面磚面積可測量出的最大拉伸載重強度。

---

<sup>8</sup> 日本工業標準調查會，JIS A 5209，セラミックタイル (Ceramic tiles)，2014。

<sup>9</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS9737，2016，5、12。

<sup>10</sup> 國際標準組織，ISO13007-1，2010，2。

<sup>11</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS12611，2011，12。

## 第四節 研究方法與步驟

### 一、研究方法

#### (一) 外牆瓷磚吸水率試驗：

針對市售外牆磚進行隨機取樣，並依據 CNS3299-3 陶瓷面磚試驗法進行吸水率試驗，以利選擇適當之市售瓷磚試樣，進行抗拉接著強度試驗。

#### (二) 依據 CNS12611 所規範之陶瓷面磚用接著劑之接著強度試驗方法，針對不同背溝型式及鋪貼工法交叉組合的外牆瓷磚試驗樣本進行抗拉接著強度試驗。

### 二、研究步驟

#### (一) 首先依據政策需求，擬定研究主題與目的；並根據主題與目的，研擬研究內容與範圍。

#### (二) 透過文獻回顧法瞭解國內、外研究內容與成果。

#### (三) 整理與分析上述國內外文獻資料，並進行實驗變數與實驗方法的規劃。

#### (四) 並依據上述實驗規劃原則，進行實驗設計。

#### (五) 其次再依據整體實驗設計方法，研擬個別試驗設計條件。

#### (六) 再依據上述試驗設計條件，進行個別研究試驗，並統計實驗結果與進行研究分析。

#### (七) 最後依據上述研究成果，提出具體研究結論與建議或修正研究內容與範圍，並重復再進行上述研究步驟。

三、研究流程：本研究之流程圖，如圖 1-1 所示：

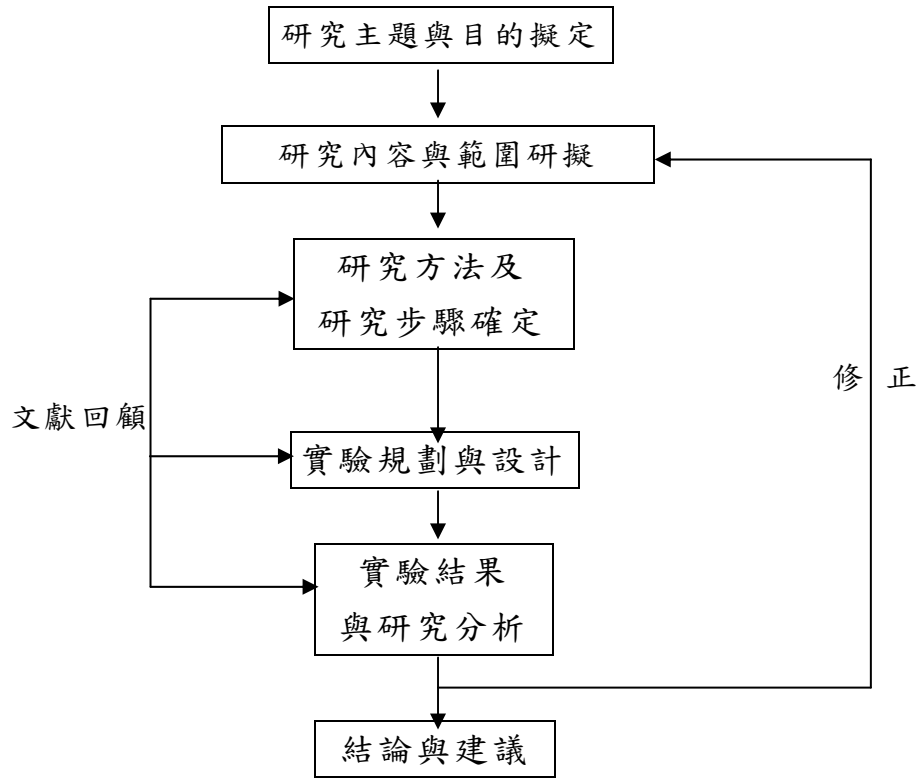


圖 1-1 研究流程圖

## 第五節 研究限制

### 一、研究專業限制：

礙於筆者為**建築專業背景**之研究人員，因此，本研究之內容受限於專業背景，僅能就外牆瓷磚剝落之**物理因素**進行探討。

### 二、研究時間限制：

本研究為**短期性研究**，研究時程僅為 12 個月。

### 三、研究範圍限制：

外牆瓷磚發生剝落的介面包括：1.瓷磚 2.瓷磚與黏著層界面 3.黏著層 4.黏著層與粉刷層界面 5.粉刷層 6.粉刷層與外牆結構體界面 7.外牆結構體本身<sup>12</sup>，本研究僅針對**瓷磚與黏著層**間，界面破壞的問題進行探討，不包括其他介面問題。

### 四、研究對象限制：

外牆瓷磚的損壞，包括地震損壞及日常損壞 2 類，本研究僅針對日常損壞進行探討。

---

<sup>12</sup> 林世堂，外牆磁磚剝落原因及對策探討，空間雜誌建築技術增刊 4 號，1993。

## 第六節 名詞定義

### 一、外牆瓷磚張貼工法的定義：

#### (一) 硬底壓貼工法 (Pressure Application Method)：

在已粉刷完成且精度良好的底材，塗布貼合用水泥膠泥；未硬化前，將瓷磚壓貼於底材上的張貼方法(詳如圖 1-2)。

#### (二) 改良式硬底壓貼工法 (Improved Pressure Application)：

在已粉刷完成且精度良好的底材，塗布貼合用水泥膠泥，又在瓷磚背面也塗上水泥膠泥，未硬化前，將瓷磚壓貼於底材上的張貼工法(詳如圖 1-3)。

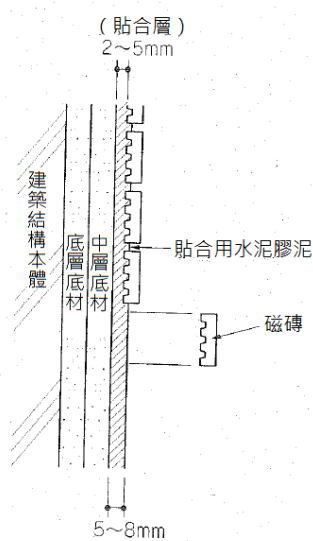


圖 1-2 水泥砂漿硬底壓貼工法

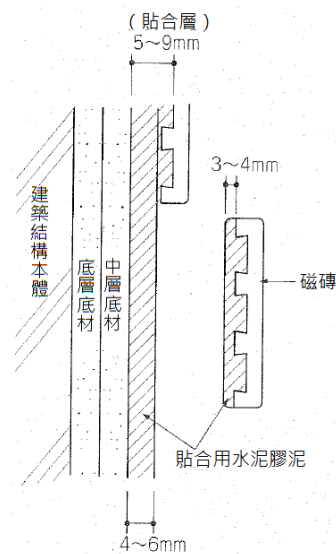


圖 1-3 改良式水泥砂漿硬底壓貼工法

資料來源：日本職業能力開發總合大學校能力開發研究中心，2008。

### 二、外牆瓷磚損壞的定義：

(一) 剝離：係指瓷磚黏著層與粉刷層或粉刷層與外牆結構體產生微小之間隙。

(二) 鼓脹：係指可由肉眼確認瓷磚已有呈外凸狀之剝離現象。

(三) 剝落：係指外牆瓷磚已發生脫落的狀況<sup>13</sup>。

三、可接著時間(open time)：

外牆瓷磚鋪貼過程中，塗佈接著劑後至黏結陶瓷面磚之過程中，可達規定抗拉強度之最長時間<sup>14</sup>。

---

<sup>13</sup> 何明錦、吳毓勳、石正義，建築飾材技術規範之研究，2001，2-6~2-7。

<sup>14</sup> 國際標準組織，ISO13007-1，2010，2。



## 第二章 文獻回顧

### 第一節 國內相關文獻整理分析

高雄市政府工務局於 2014 年底已完成全市 7000 棟 6 樓以上公寓大廈之外牆劣化情形體檢，初步清查 1064 棟有外牆瓷磚剝落情形(15%)，其中三民區有 284 棟、苓雅區有 156 棟、左營區有 108 棟<sup>15</sup>。國內相關文獻指出：外牆瓷磚剝落之原因，主要包括設計、施工等因素，針對外牆瓷磚在黏著層與瓷磚之界面間剝落原因與防止對策<sup>16</sup>，如表 2-1 所示。

表 2-1 國內外牆瓷磚剝落原因與防止對策分析

破壞位置	原因		防止對策
	設計	施工	
瓷磚與黏著層之界面		黏貼用水泥砂漿超過可接著時間。	瓷磚貼著作業時，應充分掌握水泥膠泥的可接著時間（OPEN TIME），以免形成皮膜，無法達到預定之黏著力。
		瓷磚的敲壓不足。	瓷磚貼著作業時，應徹底進行瓷磚的敲壓，不可殘留空氣於黏著層與背溝之間。
		未選用適當之黏貼工法。	應依瓷磚大小及厚薄選擇適當的黏貼工法
	選擇之瓷磚背溝形狀及高度不適當。		外牆瓷磚之設計為使面磚容易與墁料或黏著劑牢固接合，背溝形狀及背溝高度應符合 CNS 9737 之規定。
	瓷磚吸水率不適當。		外牆瓷磚選用應以釉面不吸水而坯底吸水率高者。
		貼瓷磚之膠泥塗佈厚度不足。	貼瓷磚之膠泥塗佈均勻完全，厚度應足夠（瓷磚厚度 1/3 以上）且膠泥厚度應配合瓷磚型式與重量而調整。
	黏著材料選擇不當		使用水泥砂漿作為瓷磚接著材料時，需嚴格控制其使用材料組成及配比。

資料來源：盧珽瑞，高層集合住宅外牆磁磚剝落原因及解決對策探討，2010，15、40、42。

<sup>15</sup> 高雄市建築物公共安全網，  
<https://build.kcg.gov.tw/pubsafety/NewsContent.aspx?id=1039&page=8&Mid=1>，  
 2019/7/30。

<sup>16</sup> 盧珽瑞，高層集合住宅外牆磁磚剝落原因及解決對策探討，2010，15、40、42。

本所 2010 年研究計畫曾以「丁掛瓷磚材質對瓷磚剝落之影響」等議題，針對工地主任、瓷磚製造商、黏著劑製造商及國內學者進行訪談<sup>17</sup>，訪談結果如表 2-2，顯示受訪者普遍認為燕尾背溝可增加瓷磚的抗拉接著強度。

表2-2 國內外牆瓷磚相關專家學者之訪談結果

訪談項目	工地主任	黏著劑製造商	磁磚製造商	國內學者
	張先生	林先生	林先生	石先生
丁掛瓷磚材質對瓷磚剝落之影響？	有燕尾背溝可增加瓷磚的抓力。	有燕尾背溝可增加瓷磚的抓力；但也有其他方式可以改善補足。	有燕尾背溝可增加瓷磚的抓力。	有燕尾背溝可增加瓷磚的抓力

資料來源：盧珽瑞，高層集合住宅外牆磁磚剝落原因及解決對策探討，2010，37。

<sup>17</sup>盧珽瑞，高層集合住宅外牆磁磚剝落原因及解決對策探討，2010，36-37。

## 第二節 國外相關文獻整理分析

日本社團法人全國瓷磚業協會施工技術委員長小笠原和博(2007)認為日常外牆瓷磚的損壞，可分為剝落、剝離、裂縫及髒污等數種<sup>18</sup>。瓷磚剝落或剝離的發生，幾乎都發生在瓷磚、水泥砂漿與底材之間的各個交界面。而瓷磚與貼附用水泥砂漿間的剝離、剝落原因與對策<sup>19</sup>，如表 2-3 所示：

表 2-3 瓷磚與貼附用水泥砂漿間的剝離、剝落原因與對策

原因		對策
設計上的原因	瓷磚背溝形狀不良	選定燕尾狀且具適當背溝深度之瓷磚
		選定密貼工法等改良工法
施工上的原因	貼附用水泥砂漿的 open time 過長	徹底進行 open time 之管理 採用密貼工法、改良式硬底壓貼工法等改良工法
	貼附用水泥砂漿的塗抹厚度不足	進行貼附用水泥砂漿之 2 次塗抹，以確保必要之厚度
	瓷磚的敲壓不足	徹底進行瓷磚之敲壓

資料來源：小笠原和博，瓷磚的損傷原因與對策，建築外牆瓷磚耐用診斷與維修技術研習會論文集，2007，3-1。

為防止外牆瓷磚剝落，日本建築裝修學會集合產官學研的專家學者於 1994 年編成「防止外牆剝落之設計、施工指針」，國內石正義建築師於 1997 年翻譯成「防止外牆剝落之設計、施工指南與解說」在台發行。其中針對陶瓷磚張貼之材料選擇，說明如下：

- 一、外裝瓷磚應符合 JIS A 5209 之規定。
- 二、材質應為瓷質(吸水率 1%)或石質(吸水率 5%)，且耐凍性優良者。
- 三、背溝深 1.5mm 以上，呈燕尾狀。

<sup>18</sup>小笠原和博，磁磚的損傷原因與對策，建築外牆磁磚耐用診斷與維修技術研習會論文集，2007，3-1。

<sup>19</sup>同上，3-2。

考量到耐候性(主要是耐寒性)，外裝瓷磚多半選擇瓷質或石質瓷磚，但由於含水率較低，所以也會發生無法與貼合用水泥砂漿確實接著的問題。為補救此一問題，引發了日本業界針對瓷磚背面結構形狀與尺寸的研究及張貼工法的改良<sup>20</sup>。就安全方面考量，日本「防止外牆剝落之設計、施工指針」建議小口磚、二丁掛以上大小外裝(牆)瓷磚，可採用密貼工法、改良式硬底壓貼工法張貼(如表 2-4)<sup>21</sup>。

表 2-4 依不同大小的瓷磚而建議適當工法

瓷磚大小		可選擇之瓷磚張貼工法
外裝(牆)瓷磚	小口、二丁掛瓷磚	密貼工法、改良式硬底壓貼工法、改良式軟底壓貼工法
1. 厚度在 25mm 以上或面積在 0.1m <sup>2</sup> 以上之瓷磚，以手貼工法施工時原則上應設置拉繫五金，將瓷磚與底材緊密連結。 2. 厚度超過 20mm 的瓷磚採用手貼工法時，原則上應採用將灰漿塗布於瓷磚背面的工法(如改良式硬底壓貼工法)。		

資料來源：日本建築裝修學會，石正義譯，防止外牆剝落之設計、施工指南與解說，1997，18。

<sup>20</sup> 日本建築裝修學會，外牆裝修損傷案例的原因與對策，1996，8。

<sup>21</sup> 日本建築裝修學會，石正義譯，防止外牆剝落之設計、施工指南與解說，1997，18-19。

### 第三節 外牆瓷磚的發展沿革

在西元前 27 世紀左右，埃及人就開始使用塗釉瓷磚作為牆面的裝飾材料<sup>22</sup>。西元 7 世紀，伊斯蘭教興起以後，瓷磚也開始在清真寺及宮殿建築中使用。13 世紀，與伊斯蘭教關係密切的西班牙開始製造獨具西班牙風格的瓷磚，並且應用在建築物的牆面部位；後來瓷磚技術廣泛地流傳到義大利、荷蘭、英國等其他歐洲各國<sup>23</sup>，並在世界各地發展。

國內製造瓷磚的萌芽期開始在 1950 年代中期，最早是用燒製磚、瓦的單獨式窯爐燒製小型的馬賽克為主，到了 1950 年代末期才開始燒製半瓷化的三寸六面磚<sup>24</sup>。台灣從光復到現在，外牆瓷磚依流行的先後順序，可大致區分為：紅鋼磚、馬賽克、小口磚、丁掛磚、方塊磚、擠出面磚（又稱射出磚）<sup>25</sup>及山形磚<sup>26</sup>（如表 2-5）。其中二丁掛磚為台灣市場中最常使用的外牆瓷磚之一<sup>27</sup>。

表 2-5 台灣光復以後到現在外牆瓷磚的沿革

項目	瓷磚種類	國內首次使用地點或製造廠商	時間	備註
臺灣光復以後	馬賽克、小口磚	建興窯業製造	1953 年	建興窯業後來更名為皇冠窯業 紅鋼磚 1954 年以前以使用於地面及廚房牆面為主
	紅鋼磚	竹南窯業製造	1954 年	
	二丁掛	井泉窯業製造	1956 年	
	3 吋 6 白色方塊磚	皇冠窯業製造	1957 年	
	擠出面磚（又稱射出磚）	竹南窯業製造	1970 年	
	上釉射出磚	皇冠窯業	1985 年	
	還原射出磚	皇冠窯業	1989 年	
	山形磚		2000 年	

資料來源：吳南葳，2002；精工陶瓷，2011；吳明修，2007；竹南窯業林經理，2012。

<sup>22</sup>世界のタイル博物館，世界のタイル日本のタイル，2000，12。

<sup>23</sup>日本職業能力開發綜合大學校 能力開發研究中心，改訂タイル，2008，1。

<sup>24</sup>精工陶磁，

[http://www.jingkong.com.tw/knowledge.php?wshop=jk&Opt=detailed&lang=zh-tw&tp=Knowledge&level=0&type1=3&type2=-1&type3=-1&subitem\\_id=&id=16](http://www.jingkong.com.tw/knowledge.php?wshop=jk&Opt=detailed&lang=zh-tw&tp=Knowledge&level=0&type1=3&type2=-1&type3=-1&subitem_id=&id=16)，2019/07/31。

<sup>25</sup>戴佩宜，以打音法從事建築外牆瓷磚非破壞檢測之研究，2008，2-10。

<sup>26</sup>吳明修，台灣建築的磁磚品質與維護之課題，建築外牆磁磚耐用診斷與維修技術研習會論文集，2007，11-1。

<sup>27</sup>戴佩宜，以打音法從事建築外牆瓷磚非破壞檢測之研究，2008，2-11。

## 第四節 國內外相關法令規範

### 一、國內：

#### (一) CNS 9737 (陶瓷面磚總則) 國家標準：

1. 陶瓷面磚：主要用於牆面及地面具裝飾及作為保護用之裝修材料，以黏土或其他無機質原料加以成形，經高溫燒結而成，厚度不滿 40mm 之板狀不燃材料。
2. 屋外壁面之外裝壁磚 60cm<sup>2</sup> 以上時，其背溝須呈倒勾狀(燕尾狀)，深度須在 1.5MM 以上<sup>28</sup>。

### 二、日本：

#### (一) 日本國家標準 JIS A 5209 (陶磁磚)：

1. 瓷磚的種類：瓷磚依名稱可區分為內裝瓷磚、外裝瓷磚及戶外樓地板用瓷磚和馬賽克(面積在 50 cm<sup>2</sup> 以下)。
2. 背溝：為謀加強水泥砂漿或接著劑的接著或為製造上的理由，而在瓷磚背面附有溝狀條紋或凹凸狀溝紋者。
3. 瓷磚面積達 15 cm<sup>2</sup> 以上的場合應有可獲得充分接著性的背溝<sup>29</sup>。

#### (二) 日本建築裝修學會之防止外牆剝落之設計、施工指南：

該指南係日本建築裝修學會集合產官學的技術者與研究者組成「防止外牆建材剝落之對策研究委員會」而編成。

1. 適用範圍：外牆瓷磚張貼產生剝落現象，在設計、施工上所應留意的事項。
2. 建議依外牆之瓷磚大小選用適當之工法，例如小口至二丁掛可選用改良式壓貼工法或密貼工法張貼等。
3. 外裝瓷磚之背溝須高 1.5mm 以上呈燕尾狀<sup>30</sup>。

<sup>28</sup>經濟部標準檢驗局，CNS 9737，2016，13。

<sup>29</sup>石正義譯，防止外牆剝落之設計、施工指南與解說，1997，201、204。

<sup>30</sup>石正義譯，防止外牆剝落之設計、施工指南與解說，1997，1、2、18、22。

三、國際標準：

(一) ISO 13007-1 (接著劑之專有名詞、定義和規格)：

- 1.ISO 13007-1 為適用安裝於室內外牆面和地板之陶瓷磚接著劑；ISO13007-1 定義了陶瓷磚接著劑產品、施工方法和應用特性相關之名詞。
- 2.上述之陶瓷磚，包括陶瓷面磚或天然、人造的石材。
- 3.上述之陶瓷磚接著劑，包括凝式黏著劑（將水性接合劑、砂粒和有機添加劑，與水或水性混合劑混合後，可立即使用之黏著劑）<sup>31</sup>。

(二) ISO 13007-2 (陶瓷磚接著劑之檢驗方法)：

- 1.接著劑強度之檢驗方法：標準養護28 天，再以每次增加 250 ±50 N/s 的力道，判定接著劑的正拉接著強度<sup>32</sup>。

---

<sup>31</sup>經濟部標準檢驗局，ISO 13007-1，2010。

<sup>32</sup>經濟部標準檢驗局，ISO 13007-2，2010。

外牆瓷磚背溝形狀與尺寸對抗拉接著強度之影響



## 第三章 實驗規劃與設計

### 第一節 實驗步驟與流程

本研究之實驗步驟與流程，說明如下：

#### 一、實驗步驟：

##### (一)實驗項目與目的確定

##### 1.鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度試驗：

針對不同背溝形狀、尺寸鐵製模擬瓷磚試體及鋪貼工法之交叉組合，進行抗拉接著強度試驗，以利在相同吸水率狀況下，瞭解上述組合之接著強度。

##### 2.市售瓷磚試體抗拉接著強度試驗：

針對市售瓷磚試體及不同鋪貼工法之交叉組合，進行抗拉接著強度試驗，以利瞭解不同背溝形狀、尺寸市售外牆磚對抗拉接著強度之影響。

##### (二)實驗變數規劃

根據瓷磚剝落原因，進行實驗變動因子與固定因子規劃。

##### (三)市售瓷磚取樣與吸水率試驗

針對台北市售瓷磚進行隨機取樣，並依據 CNS3299-3 陶瓷面磚試驗法進行吸水率試驗，選擇適當之外牆磚，作為本研究抗拉接著強度試驗之市售瓷磚試樣。

##### (四)實驗設計與試驗

- 1.依據市售瓷磚調查資料，進行鐵製模擬瓷磚試體實驗規畫及抗拉接著強度試驗。
- 2.依據市售瓷磚吸水率試驗資料，針對市售瓷磚及不同鋪貼工法之交叉組合，進行抗拉接著強度試驗。

二、實驗流程：本研究實驗流程如圖 3-1 所示。

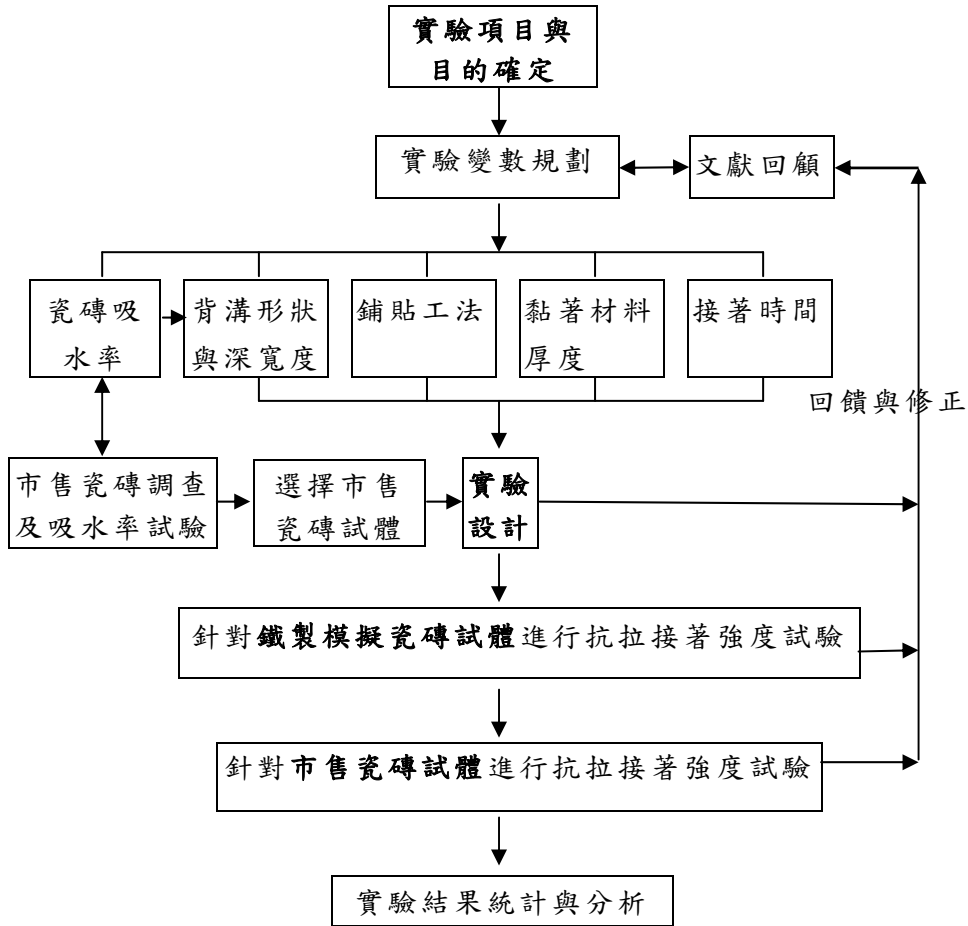


圖 3-1 實驗流程

## 第二節 實驗規劃

本研究主要是針對瓷磚與黏著層間界面破壞，造成外牆瓷磚剝落進行探討。在不考慮地震損壞因素下，其破壞原因包括設計因素與施工因素，如表 3-1，說明如下：

表 3-1 外牆瓷磚剝落原因與風險因子

破壞位置	外牆瓷磚剝落原因		風險因子
	設計因素	施工因素	
瓷磚與黏著層間之界面		瓷磚接著時間管理不佳	瓷磚接著時間
		瓷磚鋪貼時敲壓不足	瓷磚鋪貼工法
		選用鋪貼工法不當	
	瓷磚背溝形狀及尺寸選擇不適當		瓷磚背溝形狀及尺寸
	瓷磚吸水率不適當		瓷磚吸水率
		黏著材料塗佈厚度不足	黏著材料塗佈厚度
	黏著材料不適當		黏著材料

資料來源：盧琿瑞，高層集合住宅外牆磁磚剝落原因及解決對策探討，2010，15、40、42。

- 一、外牆瓷磚剝落設計原因：在設計部分，包括未依瓷磚大小及厚薄選用適當之鋪貼工法、瓷磚背溝形狀及尺寸選擇不適當、瓷磚吸水率及黏著材料不適當等因素。
- 二、外牆瓷磚剝落原因：在施工部分，包括黏貼用水泥膠泥接著時間（open time）管理不佳、鋪貼時瓷磚的敲壓不足及貼瓷磚之膠泥塗布厚度不足等因素。

本研究依據上述之剝落原因，進行實驗變動因子與固定因子的規劃，說明如下：

### 一、實驗變動因子規劃：

#### （一）以背溝形狀、尺寸作為實驗變動因子：

本研究擬以不同背溝形狀、數量及深度之瓷磚，作為實驗變動因子，進行抗拉接著強度試驗。

(二) 以鋪貼工法作為實驗變動因子：

本研究擬以「硬底壓貼工法」及「改良式硬底壓貼工法」作為實驗變動因子；分別說明如下：

- 1.硬底壓貼工法：在精度良好的試驗用底材上，塗布貼合用水泥膠泥，將瓷磚試體壓貼於其上，並於其上放置 1 公斤之重錘，約 30 秒後除去(如圖 3-2)。
- 2.改良式壓貼工法：在精度良好的試驗用底材上，貼合用水泥膠泥，又在瓷磚背面也塗上膠泥；在未硬化前，將瓷磚壓貼在底材上，並於其上放置 1 公斤之重錘，約 30 秒後除去 (如圖 3-3)。

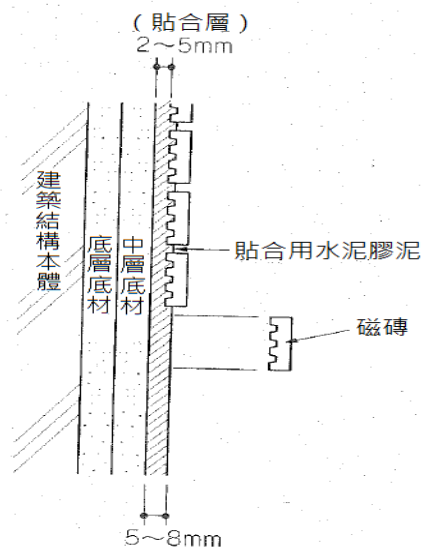


圖 3-2 硬底壓貼工法

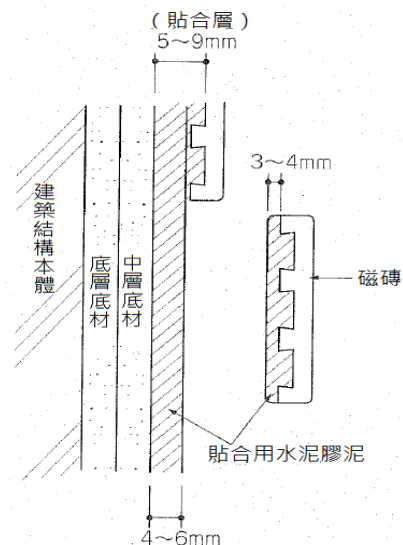


圖 3-3 改良式硬底壓貼工法

資料來源：日本職業能力開發總合大學校能力開發研究中心，2008。

二、實驗固定因子規劃：

- (一) 「瓷磚接著時間」控制在 20 分鐘，以免影響實驗準確性。
- (二) 「黏著材料厚度」控制在 6mm，以免影響實驗準確性。
- (三) 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度試驗時，瓷磚「吸水率」

為 0%；市售瓷磚試體抗拉接著強度試驗時，瓷磚「吸水率」控制在 4% 至 7% 之間，以利瞭解在不同「吸水率」時，對外牆瓷磚抗拉接著強度的影響。

(四) 以 1 比 2 水泥砂漿為「黏著材料」；水泥與水之重量比為 1:0.485。

### 三、實驗範圍與限制：

- (一) 天候、酸雨與地震等因素，不列入本研究討論範圍。
- (二) 勾縫或伸縮縫之設置，不列入本研究討論範圍。
- (三) 本研究係以水泥砂漿作為黏著材料，因此黏著材料性質不列入本研究討論之範圍。
- (四) 礙於本研究之時間限制，僅針對瓷磚與黏著層間之界面破壞進行探討，瓷磚材質(含吸水率)、底材、粉刷層及黏著層等介面，不列入本研究討論範圍。

### 四、樣本數規劃：

- (一) 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度試驗之樣本數規劃：  
針對不同背溝形狀、尺寸及鋪貼工法之交叉組合，進行鐵製模擬瓷磚試體(吸水率皆為 0%)抗拉接著強度試驗；並依據 CNS 12611 之規定，樣本數設定為 5 個(接著強度取其平均值)。
- (二) 市售瓷磚試體抗拉接著強度試驗之樣本數規劃：  
針對市售外牆磚及不同鋪貼工法之交叉組合，進行抗拉接著強度試驗；並依據 CNS 12611 之規定，樣本數設定為 5 個(接著強度取其平均值)。

### 第三節 市售瓷磚吸水率之實驗設計

針對台北地區之市售外牆磚進行隨機取樣，並依據 CNS3299-3 陶瓷面磚試驗法進行吸水率實驗，選擇適當之外牆磚，作為本研究市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗之試樣，其實驗設備與實驗過程說明如下：

- 一、烘箱：能操作乾燥溫度在攝氏 110 度左右之烘箱。
- 二、煮沸裝置：具有能將水煮沸之熱源及浸漬試樣之容器。
- 三、乾燥器：保持試樣在乾燥狀態之氣密容器。
- 四、測定試樣乾燥時之質量：將試樣放在上述攝氏 110 度左右之烘箱中乾燥 3 小時（試樣在 20 mm 以下）以上，然後將試樣取出放入裝有矽膠等適當乾燥劑之乾燥器中，直到試樣呈常溫後，用天平測定其質量，該測定值作為試樣乾燥時之質量。
- 五、測定試樣吸水時之質量：將試樣放在上述煮沸裝置，水面以下 50 mm 以上，加熱至水沸騰，維持 2 小時（試樣在 20 mm 以下），切斷熱源，靜置 12 小時以上，用天平測定其質量，該測定值作為試樣吸水時之質量(如表 4-1)。
- 六、瓷磚吸水率：。

$$(一) E_b (\%) = (M_{2b} - M_1) / M_1 \text{ -----公式 3-1}$$

$M_1$ ：乾燥時之質量      $M_{2b}$ ：吸水時之質量

(二) 瓷磚吸水率係以試樣之平均值來表示。

## 第四節 外牆瓷磚抗拉接著強度之實驗設計

### 一、瓷磚抗拉接著強度之評估標準：

- (一) CNS 12611<sup>33</sup> 規範建築物室內牆面黏貼陶質壁磚之有機接著劑的抗拉強度不得小於  $6\text{kgf/cm}^2$ 。
- (二) 公共工程施工綱要規範，瓷磚黏著劑拉拔試驗，抗拉強度不小於  $10\text{kgf/cm}^2$ 。
- (三) 本研究之標準抗拉接著強度，係以  $6\text{kgf/cm}^2$  為評估標準。

### 二、瓷磚背溝形狀與尺寸之選取標準：

- (一) CNS 9737 (陶瓷面磚總則) 規範外裝壁磚在  $60\text{cm}^2$  以上，背溝形狀須呈倒勾狀，且其深度須在 1.5MM 以上<sup>34</sup>。
- (二) 日本建築裝修學會之防止外牆剝落之設計、施工指南，規範外裝瓷磚在  $50\text{cm}^2$  以上，背溝深度須 1.5MM 以上，呈燕尾狀<sup>35</sup>。
- (三) 本研究選用之瓷磚試樣，係以不同背溝形狀、寬度及深度之外裝瓷磚為試樣。

### 三、瓷磚吸水率之選用標準：

- (一) CNS 9737 (陶瓷面磚總則) 規範瓷質瓷磚吸水率為 3% ；石質瓷磚吸水率為 10% ；陶質瓷磚吸水率為 50%<sup>36</sup>。
- (二) JIS A 5209 (陶瓷磚) 規範瓷質瓷磚吸水率為 1% 以下；石質瓷磚吸水率為 5% 以下；陶質瓷磚吸水率為 22% 以下<sup>37</sup>。
- (三) 本研究選用之市售瓷磚試樣，吸水率係在 4% 至 7% 之間。

<sup>33</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS 12611，2000，3。

<sup>34</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS 9737，2011。

<sup>35</sup> 石正義譯，防止外牆剝落之設計、施工指南與解說，1997，19。

<sup>36</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS 9737，2016，13。

<sup>37</sup> 石正義譯，防止外牆剝落之設計、施工指南與解說，1997，202。

#### 四、養護條件設定標準：

- (一) CNS 12611 規範之標準養護條件：在溫度  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度  $65\pm 10\%$  狀況下，進行 168 小時（7 天）<sup>38</sup>。
- (二) ISO 13007-2 規範之標準養護條件：溫度  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度  $50\pm 5\%$ ，風速低於 0.2 m/s 狀況下，進行 672 小時（28 天）<sup>39</sup>。
- (三) 本研究之養護條件設定標準，係依 CNS 12611 規範，溫度在  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度  $65\pm 10\%$  狀況下，進行 168 小時（7 天）。

#### 五、抗拉接著強度試驗：

- (一) CNS 12611 規範之抗拉接著強度試驗，係將試樣在標準條件下養護 7 天，再以 3mm/min 之速率施行拉伸試驗，測定試體破壞時之最大載重<sup>40</sup>。
- (二) ISO 13007-2 規範之抗拉接著強度試驗，係將試樣在標準條件下養護 28 天，再以每次增加  $250\pm 50\text{ N/S}$ （牛頓/秒）的力量，測定試體破壞時之最大抗拉接著強度<sup>41</sup>。
- (三) 本研究之抗拉接著強度試驗，係將試樣在標準條件下養護 7 天，再依 CNS 12611 規範，測定試樣破壞時之最大抗拉接著強度。

---

<sup>38</sup>經濟部標準檢驗局，CNS 12611，2000，8。

<sup>39</sup>經濟部標準檢驗局，ISO 13007-2，2010，1。

<sup>40</sup>經濟部標準檢驗局，CNS 12611，2000，8。

<sup>41</sup>經濟部標準檢驗局，ISO 13007-2，2010，5。



## 第五節 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度之實驗設計

依據實驗規劃原則，針對不同瓷磚背溝形式(形狀與尺寸)及鋪貼工法之交叉組合，以 CNS 12611 接著強度試驗法，進行鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度試驗，說明如下：

- 一、實驗設計：針對不同背溝形狀、深度、寬度及鋪貼工法(改良式及傳統硬底壓貼工法)之交叉組合，進行相同吸水率瓷磚試體之抗拉接著強度試驗(如表 3-2)。
- 二、黏著材料：以 1:2 水泥砂漿(水泥與標準砂之重量比為 1:2；水泥與水之重量比為 1:0.485)鋪貼。
- 三、黏著材料厚度：以 6mm，進行瓷磚鋪貼。
- 四、接著時間：墊底材塗布黏著劑後等待 20 分鐘。
- 五、試體面積：6cm×6cm。

表 3-2 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗設計

名稱	背溝形狀	背溝深度	背溝寬度	改良式硬底壓貼工法(壓重錘)	硬底壓貼工法(壓重錘)	
鐵製 模擬 瓷磚 試體	80 度	1.5mm	6mm	5 片	5 片	
			9mm	5 片	5 片	
		2.3mm	6mm	5 片	5 片	
			9mm	5 片	5 片	
		3.0mm	6mm	5 片	5 片	
			9mm	5 片	5 片	
	45 度	1.5mm	6mm	5 片	5 片	
			9mm	5 片	5 片	
		2.3mm	6mm	5 片	5 片	
			9mm	5 片	5 片	
		3.0mm	6mm	5 片	5 片	
			9mm	5 片	5 片	
	合計				120 片	

資料來源：本研究整理。

## 第六節 市售瓷磚試體抗拉接著強度之實驗設計

依據實驗規劃原則，針對市售瓷磚試體及不同鋪貼工法之交叉組合，以 CNS 12611 接著強度試驗法，進行抗拉接著強度試驗，說明如下：

- 一、實驗設計：針對不同背溝形狀、深度、寬度之市售瓷磚試體及鋪貼工法(改良式及傳統硬底壓貼工法)之交叉組合，進行抗拉接著強度試驗(如表 3-3)。
- 二、黏著材料：以 1：2 水泥砂漿(水泥與標準砂之重量比為 1：2；水泥與水之重量比為 1：0.485)進行鋪貼。
- 三、黏著材料厚度：以 6mm 厚度，進行瓷磚鋪貼。
- 四、接著時間：墊底材塗布黏著劑後等待 20 分鐘。
- 五、試體面積：6cm×6cm 或 5cm×5cm。
- 六、試驗用瓷磚：本次試驗所採用之市售瓷磚，吸水率以 4%至 7% 為原則。

表 3-3 市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗設計

工法種類	改良式硬底壓貼工法 (壓 1kg 重錘 30 秒)	硬底壓貼工法 (壓 1kg 重錘 30 秒)
瓷磚種類		
養護天數	標準養護 7 天	
黏著材料	1：2 水泥砂漿(水泥與水之重量比為 1：0.485)	
黏著層厚度	6mm	
外牆磚 1	(5 片)	(5 片)
外牆磚 2	(5 片)	(5 片)
外牆磚 3	(5 片)	(5 片)
瓷磚接著時間	20 分鐘	
試驗方法	CNS 12611 接著強度試驗法	
瓷磚面積	6cm×6cm 或 5cm×5cm	

資料來源：本研究整理。

## 第四章 實驗過程與結果分析

### 第一節 瓷磚吸水率實驗過程與結果分析

針對市售瓷磚採樣，本研究從台北地區市售外牆磚隨機採樣，共取得國內、外射出磚 3 組及國內粉壓磚 1 組(如表 4-1)，依據 CNS 3299-3 陶瓷面磚試驗法進行吸水率試驗，實驗結果與分析，說明如下：

#### 一、實驗結果統計：

(一)國外射出磚 4 個試樣，吸水率分別為 5.79%、5.90%、5.67% 及 5.79%，平均吸水率為 **5.79%**。

(二)國內射出磚 1 之 4 個試樣，吸水率分別為 4.98%、5.02%、4.60% 及 4.98%，平均吸水率為 **4.90%**。

(三)國內射出磚 2 之 3 個試樣，吸水率分別為 7.72%、7.76% 及 7.76%，平均吸水率為 **7.75%**。

(四)國內粉壓磚 3 個試樣，吸水率分別為 5.9%、5.9% 及 5.8%，平均吸水率為 **5.87%**。

#### 二、實驗結果分析：

上述國內、國外射出磚與粉壓磚的平均吸水率在 4.90% 至 7.75% 之間，為瞭解不同背溝形狀、尺寸瓷磚試體對抗拉接著強度之影響，本研究最後選擇 3 種市售瓷磚試體對抗拉接著強度試驗。

表 4-1 瓷磚試樣吸水率實驗結果統計

瓷磚名稱	尺寸(寬×長×厚)	烘乾後質量(公克)	吸水後質量(公克)	吸水率(%)	平均吸水率(%)
國外射出磚	6×22.7×1.45 公分	397	420	5.79%	5.79%
國外射出磚	6×22.7×1.45 公分	390	413	5.90%	

外牆瓷磚背溝形狀與尺寸對抗拉接著強度之影響

國外射出 磚	6×22.7× 1.45 公分	388	410	5.67%	
國外射出 磚	6×22.7× 1.45 公分	397	420	5.79%	
國內射出 磚 1	6×22.6× 0.85 公分	261	274	4.98%	4.90%
國內射出 磚 1	6×22.6× 0.85 公分	259	272	5.02%	
國內射出 磚 1	6×22.6× 0.85 公分	261	273	4.60%	
國內射出 磚 1	6×22.6× 0.85 公分	261	274	4.98%	
國內射出 磚 2	5.2×24.1× 0.9 公分	246	265	7.72%	7.75%
國內射出 磚 2	5.2×24.1× 0.9 公分	245	264	7.76%	
國內射出 磚 2	5.2×24.1× 0.9 公分	245	264	7.76%	
國內粉壓 磚 1	5×23×0.5 公分	153	162	5.9%	5.87%
國內粉壓 磚 1	5×23×0.5 公分	153	162	5.9%	
國內粉壓 磚 1	5×23×0.5 公分	156	165	5.8%	

資料來源：本研究整理

## 第二節 抗拉接著強度試驗之實驗過程

本研究主要是依據 CNS 12611 所規範之陶瓷面磚用接著劑之接著強度試驗方法，進行外牆磁磚接著材料的抗拉接著強度試驗；其實驗過程，說明如下：

### 一、墊底材製作：

- (一) 以質量比水泥 1，標準砂 2，水灰比 0.65，經充分拌合而成。
- (二) 水泥砂漿放入內面尺度  $70 \times 70 \times 20 \text{mm}$  之金屬製模具內成形，於溫度  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ，濕度 80% 以上之狀況下，養護 24 小時後脫模；然後在溫度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  之水中養護 6 天，再放入養護室養護 7 天後，以 CNS1074 (砂紙) 所規定之 150 號研磨紙將成形時之底面研磨平整，作為試驗用之底板<sup>42</sup>。

### 二、接著材料製作與塗置：

#### (一) 本研究之接著材料：

1. 水泥砂漿接著材料：係第 I 類波特蘭水泥與標準砂之重量比 1：2；水泥與清水之重量比為 1：0.485，經充分拌合而成之混合材料。
2. 樹脂水泥砂漿接著材料：係樹脂水泥砂漿與清水之重量比為 1：0.3，經充分拌合而成之混合材料。

#### (二) 接著材料之塗布係使用鋼製塗布用輔助架，嵌入 2 片墊底材，平滑面朝上，不留縫隙地緊靠。在標準狀態 (溫度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相對濕度 $65 \pm 10^\circ\text{C}$ ) 下，於墊底材上塗布適量之接著劑；塗布時，先用小竹片等塗布約 3mm 厚，再用雙手斜執標準梳痕鏟刀約成 60 度角一氣向前塗刷<sup>43</sup>。

---

<sup>42</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS 12611，2000，4。

<sup>43</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS 12611，2000，6。

### 三、抗拉接著強度：

(一)  $F = P/A$  -----公式 4-1

$F =$  抗拉接著強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)  $P =$  最大拉力 (kgf)

$A =$  壁磚之面積 (cm<sup>2</sup>)

(二) 抗拉接著強度係以試驗試樣之平均值來表示。

### 四、抗拉接著強度試驗：

(一) 係用拉拔試驗設備以 3 mm/min 之速率施行拉伸試驗，測定試樣破壞時之最大抗拉接著強度，並須注意其破壞位置。

(二) 抗拉試驗於試樣標準養護 7 天後再分別進行。

### 五、試驗用材料：

(一) 外裝壁磚：實驗用壁磚採有燕尾背溝之射出磚（吸水率約為 4% 至 7% 左右），試驗時，預切成 5.2×5.2mm 或 6×6mm。

(二) 墊底材：墊底材為水泥砂漿板，其尺度為 70×70mm，厚度為 20mm。

(三) 接著劑：接著劑於試驗時須充分拌和後，方可使用；依規定塗布接著劑後，等待 20 分鐘，再將試驗用壁磚輕置於均布接著劑之每一片墊底材的中央，再於其上置質量 1 公斤之重錘，約 30 秒鐘後，再除去重錘<sup>44</sup>。

### 六、養護之處理條件：

在標準狀態（溫度 20±2 °C，相對濕度 65±10°C）下，依試驗之需要，養護 7 天（如表 4-2）。

七、試驗破壞位置之表示：如表 4-3，以 B 符號代表試驗破壞位置在壁磚；以 AB 符號代表試驗破壞位置在接著劑與壁磚之界

<sup>44</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS 12611，2000，6。

面；以 A 符號代表試驗破壞位置在接著劑；以 GA 符號代表試驗破壞位置在墊底材與接著劑之界面；以 G 符號代表試驗破壞位置在墊底材。若破壞位置係在墊底材或壁磚時，得視為試驗合格<sup>45</sup>。

**表 4-2 標準養護之處理條件**

項目	時間 (小時)	溫度 (°C)	濕度
標準養護	168	20±2	65±10% RH

資料來源：參考 CNS 12611 表 6。

**表 4-3 抗拉接著強度破壞位置**

符號	破壞位置
B	壁磚
AB	接著劑與壁磚之界面
A	接著劑
GA	墊底材與接著劑之界面
G	墊底材

資料來源：CNS 12611，10。

<sup>45</sup> 經濟部標準檢驗局，CNS 12611，2000，3。

### 第三節 鐵製模擬試體接著強度實驗結果與分析

本研究針對不同背溝形狀、尺寸鐵製模擬瓷磚試體及鋪貼工法之交叉組合，依據 CNS12611 進行養護 7 天後之抗拉接著強度試驗，以利在相同吸水率狀況下，瞭解上述組合之接著強度。

#### 一、實驗結果統計：

鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果(如表 4-4)說明如下：

表 4-4 鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果

名稱	背溝形狀	背溝深度	編號	背溝數量	改良式硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )	硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )	接著強度比
鐵製模擬瓷磚試體	80度	1.5mm	1	4	4.5	3.7	1.22
			2	3	3.8	3.3	1.15
		2.3mm	3	4	5.7	5.0	1.14
			4	3	4.4	4.2	1.05
		3.0mm	5	4	6.0	5.4	1.11
			6	3	5.5	5.3	1.04
	45度	1.5mm	7	4	4.8	4.5	1.07
			8	3	3.9	3.5	1.11
		2.3mm	9	4	5.8	4.9	1.11
			10	3	5.0	4.4	1.14
		3.0mm	11	4	6.2	5.6	1.11
			12	3	5.9	5.4	1.09
平均值							1.11

資料來源：本研究整理。

#### (一)背溝 80 度、背溝深度 1.5mm 之鐵製模擬試體：

背溝數量 4 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為 4.5 kgf/cm<sup>2</sup>；與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為 3.7kgf/cm<sup>2</sup>。背溝數量 3 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為 3.8kgf/cm<sup>2</sup>；與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為 3.3 kgf/cm<sup>2</sup>。



(二)背溝 80 度、背溝深度 2.3mm 之鐵製模擬試體：

背溝數量 4 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $5.7 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $5.0 \text{ kgf/cm}^2$ 。背溝數量 3 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $4.4 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $4.2 \text{ kgf/cm}^2$ 。

(三)背溝 80 度、背溝深度 3.0mm 之鐵製模擬試體：

背溝數量 4 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $6.0 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $5.4 \text{ kgf/cm}^2$ ；背溝數量 3 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $5.5 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $5.3 \text{ kgf/cm}^2$ 。

(四)背溝 45 度、背溝深度 1.5mm 之鐵製模擬試體：

背溝數量 4 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $4.8 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $4.5 \text{ kgf/cm}^2$ ；背溝數量 3 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $3.9 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $3.5 \text{ kgf/cm}^2$ 。

(五)背溝 45 度、背溝深度 2.3mm 之鐵製模擬試體：

背溝數量 4 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $5.8 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $4.9 \text{ kgf/cm}^2$ ；背溝數量 3 鐵製模擬試體與改良式壓貼工法組合之平均接著強度為  $5.0 \text{ kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $4.4 \text{ kgf/cm}^2$ 。

(六)背溝 45 度、背溝深度 3.0mm 之鐵製模擬試體：

背溝數量 4 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度

為  $6.2\text{kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $5.6\text{kgf/cm}^2$ ；背溝數量 3 鐵製模擬試體與改良式工法組合之平均接著強度為  $5.9\text{kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合之平均接著強度為  $5.4\text{kgf/cm}^2$ 。

## 二、實驗結果分析：

鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果，分析說明如下：

- (一)相同背溝形狀、尺寸之試體，使用改良式工法時的平均接著強度，約為硬底壓貼工法的 **1.11 倍**，如表 4-4。
- (二)改良式硬底壓貼工法，若使用於背溝形狀 45 度之試體平均接著強度  $5.27\text{ kgf/cm}^2$ ，可提昇接著強度為 80 度背溝形狀試體平均接著強度  $4.98\text{ kgf/cm}^2$  的 **1.058 倍**。
- (三)硬底壓貼工法，若使用於背溝形狀 45 度之試體平均接著強度  $4.72\text{ kgf/cm}^2$ ，可提昇接著強度為 80 度背溝形狀試體平均接著強度  $4.48\text{ kgf/cm}^2$  的 **1.054 倍**。
- (四)背溝形狀 80 度時，背溝深度 3.0mm 試體平均接著強度  $5.55\text{ kgf/cm}^2$ ，為背溝深度 2.3mm 試體  $4.83\text{kgf/cm}^2$  的 **1.15 倍**；為背溝深度 1.5mm 試體  $3.83\text{kgf/cm}^2$  的 **1.45 倍**。此外，背溝深度 2.3mm 試體平均接著強度為背溝深度 1.5mm 試體的 **1.26 倍**。
- (五)背溝形狀 45 度時，背溝深度 3.0mm 試體平均接著強度  $5.78\text{ kgf/cm}^2$ ，為背溝深度 2.3mm 試體  $5.03\text{ kgf/cm}^2$  的 **1.15 倍**；為背溝深度 1.5mm 試體  $4.18\text{kgf/cm}^2$  的 **1.38 倍**。此外，背溝深度 2.3mm 試體平均接著強度為背溝深度 1.5mm 試體的 **1.20 倍**。
- (六)背溝數量 4 模擬瓷磚試體之平均接著強度  $5.18\text{ kgf/cm}^2$  為背溝數量 3 模擬瓷磚試體  $4.55\text{ kgf/cm}^2$  的 **1.14 倍**。
- (七)綜合上述:提昇外牆瓷磚抗拉接著強度，增加背溝深度效益最大，其次為背溝數量，再其次為鋪貼工法，最後為背溝形狀。

#### 第四節 市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果與分析

本研究針對 3 種市售瓷磚及不同鋪貼工法之交叉組合，依據 CNS12611 進行養護 7 天後之抗拉接著強度試驗。實驗結果及分析，分別說明如下：

##### 一、實驗結果統計：

市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果，如表 4-5。

表 4-5 市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果

瓷磚種類	吸水率	背溝形狀	背溝深度 (mm)	背溝寬度 (mm)	背溝數量	改良式硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )	硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )	比例 %	
瓷磚 1	1	5.87%	90 度	0.5	7	4	5.0	4.7	106
	2	5.87%	90 度	0.5	7	4			
	3	5.87%	90 度	0.5	7	4			
	4	5.87%	90 度	0.5	7	4			
	5	5.87%	90 度	0.5	7	4			
瓷磚 2	1	4.90%	80 度	1.5	5	4	5.3	5.0	106
	2	4.90%	80 度	1.5	5	4			
	3	4.90%	80 度	1.5	5	4			
	4	4.90%	80 度	1.5	5	4			
	5	4.90%	80 度	1.5	5	4			
瓷磚 3	1	5.79%	80 度	2.3	7	3	7.9	7.4	107
	2	5.79%	80 度	2.3	7	3			
	3	5.79%	80 度	2.3	7	3			
	4	5.79%	80 度	2.3	7	3			
	5	5.79%	80 度	2.3	7	3			

資料來源：本研究整理

(一) 瓷磚 1 與改良式工法之組合，平均抗拉接著強度為 5.0 kgf/cm<sup>2</sup>，與硬底壓貼工法之組合，平均抗拉接著強度為 4.7 kgf/cm<sup>2</sup>；改良式工法與硬底工法平均抗拉接著強度之比例為 106%。

- (二)瓷磚 2 與改良式工法組合，平均抗拉接著強度為  $5.3\text{kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法組合，平均抗拉接著強度為  $5.0\text{kgf/cm}^2$ ；改良式工法與硬底工法平均抗拉接著強度之比例為 106%。
- (三)瓷磚 3 與改良式工法之組合，平均抗拉接著強度為  $7.9\text{kgf/cm}^2$ ，與硬底壓貼工法之組合，平均抗拉接著強度為  $7.4\text{kgf/cm}^2$ ；改良式工法與硬底工法平均抗拉接著強度之比例為 107%。

## 二、實驗結果分析：

- (一)瓷磚 1 與瓷磚 3 抗拉接著強度實驗結果比較，如表 4-6。

瓷磚 1 之平均抗拉接著強度為  $4.85\text{kgf/cm}^2$ ；瓷磚 3 之平均抗拉接著強度為  $7.65\text{kgf/cm}^2$ ；瓷磚 3 為瓷磚 1 的 1.58 倍。

表 4-6 瓷磚 1 與瓷磚 3 抗拉接著強度實驗結果比較

瓷磚種類		吸水率	背溝形狀	背溝深度 (mm)	背溝寬度 (mm)	改良式硬底壓貼工法 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	硬底壓貼工法 ( $\text{kgf/cm}^2$ )
瓷磚 1	1	5.87%	90 度	0.5	7	5.0	4.7
	2	5.87%	90 度	0.5	7		
	3	5.87%	90 度	0.5	7		
	4	5.87%	90 度	0.5	7		
	5	5.87%	90 度	0.5	7		
	平均值						
瓷磚 3	1	5.79%	80 度	2.3	7	7.9	7.4
	2	5.79%	80 度	2.3	7		
	3	5.79%	80 度	2.3	7		
	4	5.79%	80 度	2.3	7		
	5	5.79%	80 度	2.3	7		
	平均值						

資料來源：本研究整理

- (二)瓷磚 2 與瓷磚 3 抗拉接著強度實驗結果比較，如表 4-7。

瓷磚 2 之平均抗拉接著強度為  $5.15\text{kgf/cm}^2$ ；瓷磚 3 之平均抗拉接著強度為  $7.65\text{kgf/cm}^2$ ；瓷磚 3 為瓷磚 1 的 1.49 倍。

表 4-7 瓷磚 2 與瓷磚 3 抗拉接著強度實驗結果比較

瓷磚種類	吸水率	背溝形狀	背溝深度 (mm)	背溝寬度 (mm)	改良式硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )	硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )
瓷磚 2	1	4.90%	80 度	1.5	5.3	5.0
	2	4.90%	80 度	1.5		
	3	4.90%	80 度	1.5		
	4	4.90%	80 度	1.5		
	5	4.90%	80 度	1.5		
	平均值					5.15
瓷磚 3	1	5.79%	80 度	2.3	7.9	7.4
	2	5.79%	80 度	2.3		
	3	5.79%	80 度	2.3		
	4	5.79%	80 度	2.3		
	5	5.79%	80 度	2.3		
	平均值					7.65

資料來源：本研究整理

(三)瓷磚 1 與瓷磚 2 抗拉接著強度實驗結果比較，如表 4-8。

瓷磚 1 之平均抗拉接著強度為 4.85kgf/cm<sup>2</sup>；瓷磚 2 之平均抗拉接著強度為 5.15kgf/cm<sup>2</sup>；瓷磚 2 為瓷磚 1 的 1.06 倍。

表 4-8 瓷磚 1 與瓷磚 2 抗拉接著強度實驗結果比較

瓷磚種類	吸水率	背溝形狀	背溝深度 (mm)	背溝寬度 (mm)	改良式硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )	硬底壓貼工法 (kgf/cm <sup>2</sup> )
瓷磚 1	1	5.87%	90 度	0.5	5.0	4.7
	2	5.87%	90 度	0.5		
	3	5.87%	90 度	0.5		
	4	5.87%	90 度	0.5		
	5	5.87%	90 度	0.5		
	平均值					4.85
瓷磚 2	1	4.90%	80 度	1.5	5.3	5.0
	2	4.90%	80 度	1.5		
	3	4.90%	80 度	1.5		
	4	4.90%	80 度	1.5		
	5	4.90%	80 度	1.5		
	平均值					5.15

資料來源：本研究整理

## 第五節 小結

為瞭解瓷磚背溝形狀與尺寸對抗拉接著強度之影響，本研究針對不同背溝形式(形狀與尺寸)及鋪貼工法之交叉組合，以 CNS 12611 接著強度試驗法，進行鐵製模擬瓷磚試體及市售瓷磚試體抗拉接著強度試驗。

鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果，經統計分析顯示：提昇外牆瓷磚抗拉接著強度，增加背溝深度效益最大，其次為背溝數量，再其次為鋪貼工法及瓷磚背溝形狀。

市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果，經統計分析顯示「吸水率」對接著強度影響最大，其次為「背溝深度」，再其次為「鋪貼工法」，說明如下：

- 一、市售瓷磚試體改良式硬底壓貼工法的抗拉接著強度為傳統硬底硬底壓貼工法之 **1.06 倍**，與鐵製模擬試體之 **1.11 倍** 相近。
- 二、市售瓷磚 3(背溝深度 2.3mm)的平均抗拉抗拉接著強度為  $7.65\text{kgf/cm}^2$ ，是瓷磚 1(背溝深度 0.5mm) $4.85\text{ kgf/cm}^2$  的 **1.58 倍**。
- 三、市售瓷磚 2 的吸水率 **4.90%**，平均抗拉接著強度  $5.15\text{ kgf/cm}^2$ ，為相近條件下鐵製模擬瓷磚試體(吸水率為 0%)平均抗拉接著強度  $4.10\text{ kgf/cm}^2$  之 **1.26 倍**。
- 四、市售瓷磚 3 的吸水率 **5.79%**，平均抗拉接著強度  $7.65\text{kgf/cm}^2$  為相近條件下鐵製模擬瓷磚試體(吸水率為 0%)平均抗拉接著強度  $4.3\text{ kgf/cm}^2$  的 **1.78 倍**。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

外牆是承受外部環境衝擊最嚴重的地方，外牆瓷磚一旦發生剝落，往往會造成人命的傷亡。為防止瓷磚剝落對人命造成傷害，國家標準 CNS 9737 於 2011 年特別規定外牆壁磚在 60cm<sup>2</sup> 以上，背溝必須呈倒勾狀，其深度須在 1.5MM 以上。部分臺製外牆瓷磚，雖然已符合國家標準之規定，但是仍被質疑有背溝太窄、深度不夠，倒鈎設計不明顯的現象<sup>46</sup>。

本研究主要是針對鐵製模擬試體及市售瓷磚進行抗拉接著強度試驗，以利瞭解不同背溝形狀、尺寸對接著強度之影響

從鐵製模擬瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果顯示：提昇外牆瓷磚抗拉接著強度，增加背溝深度效益最大，其次為背溝數量，再其次為鋪貼工法，最後為背溝形狀。

從市售瓷磚試體抗拉接著強度實驗結果顯示：「吸水率」對接著強度影響最大，其次為「背溝深度」，再其次為「鋪貼工法」。

---

<sup>46</sup> 吳明修，台灣建築的磁磚品質與維護之課題，建築外牆磁磚耐用診斷與維修技術研習會論文集，2007，11-3。

## 第二節 建議

### 立即可行建議

建議一：定期辦理建築物外牆瓷剝落現況的調查統計。

主辦機關：營建署

建議營建署定期辦理國內直轄市建築物外牆瓷磚剝落現況的調查統計，以利作為研擬外牆瓷磚剝落改善對策之參考。

建議二：增（修）訂國內公共工程施工綱要。

主辦機關：行政院公共工程委員會

建議公共工程委員會修訂國內公共工程綱要施工規範第 09310 章，將外牆瓷磚之吸水率、背溝深度及鋪貼工法等規定，納入規範。



## 參考書目

- 一、林世堂，外牆磁磚剝落原因及對策探討，空間雜誌建築技術增刊 4 號，1993。
- 二、石正義譯，日本建築仕上學會，防止外牆剝落之設計、施工指南與解說，1997。
- 三、經濟部標準檢驗局，CNS12611，2000。
- 四、世界のタイル博物館，世界のタイル日本のタイル，2000。
- 五、何明錦、吳毓勳、石正義，建築飾材技術規範之研究建，內政部建築研究所，2001。
- 六、小笠原和博，磁磚的損傷原因與對策，建築外牆磁磚耐用診斷與維修技術研習會論文集，2007。
- 七、吳明修，台灣建築的磁磚品質與維護之課題，建築外牆磁磚耐用診斷與維修技術研習會，2007。
- 八、日本職業能力開發綜合大學校 能力開發研究中心，改訂タイル，2008。
- 九、戴配宜，以打音法從事建築外牆瓷磚非破壞檢測之研究，國立高雄大學都市發展與建築研究所碩士論文，2008。
- 十、國際標準組織，ISO13007-1，2010。
- 十一、經濟部標準檢驗局，ISO13007-2，2010。
- 十二、盧珽瑞，高層集合住宅外牆磁磚剝落原因及解決對策探討，內政部建築研究所，2010。
- 十三、經濟部標準檢驗局，CNS9737，2016。
- 十四、盧珽瑞，高層集合住宅外牆磁磚剝落原因及解決對策探討—水泥砂漿硬底壓貼工法之實驗研究，內政部建築研究所，2011。

- 十五、國際標準組織，ISO13006，2012。
- 十六、日本工業標準調查會，JIS A 5209，セラミックタイル (Ceramic tiles)，2014。
- 十七、高雄市建築物公共安全網，  
<https://build.kcg.gov.tw/pubsafety/ResultsShowContent.aspx?id=2&page=1>，2019/7/24。
- 十八、精工陶磁，  
[http://www.jingkong.com.tw/knowledge.php?wshop=jk&Opt=detailed&lang=zh-tw&tp=Knowledge&level=0&type1=3&type2=-1&type3=-1&subitem\\_id=&id=16](http://www.jingkong.com.tw/knowledge.php?wshop=jk&Opt=detailed&lang=zh-tw&tp=Knowledge&level=0&type1=3&type2=-1&type3=-1&subitem_id=&id=16)，2019/07/31。