

## 外牆瓷磚剝落與黏著層相關因子之探討

陳震宇\* 蔡嚴鋒\*\*

**關鍵字：**瓷磚外牆，剝落，剝離，黏著層，瓷磚拉拔實驗

### 摘要

瓷磚是我國常見的外牆飾面，而隨著瓷磚的大量使用，瓷磚剝落的現象也成了外牆常見的劣化現象。在台灣，主要以黏著層發生劣化造成瓷磚零星的剝落居多，為釐清黏著層究竟受到那些因素影響而造成瓷磚剝落，本研究透過探討瓷磚張貼工法中一瓷磚背溝之有無、倒勾形式、抹漿方式及塗抹工具樣式(鏟刀)等因素對於瓷磚黏著強度及接合效果的影響，以進一步釐清造成瓷磚剝落的原因。本研究透過瓷磚拉拔試驗來了解在不同條件設定下瓷磚飾面的黏著效果，經實驗後得知，依照台灣瓷磚外牆既有之施作方式，剝落界面確實容易發生在黏著層，此外瓷磚倒勾設置與否、選擇單面抹漿或是雙面抹漿之黏貼工法的差異、塗佈鏟刀型式的不同與抹縫的施作與否，均會影響外牆瓷磚的接著強度以及瓷磚剝落界面所發生的位置。

## A Study on the Factors of Adhesive Layer of Exterior Tiles Peeling

Chen-Yu Chen\* Y. F. Tsai\*\*

**KEYWORDS:** External Wall Tile Deterioration, Peeling, Adhesive Layer, Tile Pull-Out Test

### ABSTRACT

There have been many public security accidents caused by falling tiles in Taiwan in recent years. In order to solve the phenomenon of tile peeling, this study compared the differences in attached tiles methods between Taiwan and Japan by the tile adhesive pull - out load experiment. According to the results of this experiment, the use of tiles conforming to the CNS (Chinese National Standards) groove shape design and the use of double-sided plastering method can effectively improve the adhesion strength of the wall tile. The application of seam materials on the tiles can also have a good effect. However, the benefit improvement brought by the flat- trowel is not as significant as other projects.

---

收件日期：2021.11.25；接受日期：2022.07.15

\* 國立成功大學建築學系副教授(通訊作者 Email: chenyu88@mail.ncku.edu.tw)

Associate Professor, Department of Architecture, National Cheng Kung University, Taiwan

\*\* 台灣積體電路製造股份有限公司工程師

Engineer, Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited, Taiwan

DOI:10.53106/101632122022090121002

## 一、緣起與目的

### 1.1 研究動機

瓷磚的劣化種類，初步可分為剝離、剝落、鼓脹、白華等現象(石正義(譯)，1997)，其中又以剝落對大眾公共安全影響最甚，例如 2013 年台北的京華大廈、幸運大廈，均是由於瓷磚剝落造成人員傷亡。依據《公共安全成果專輯》(高雄市工務局，2014)，外牆劣化的情況中，瓷磚剝落的數量就佔了整體調查案件的 20%。而因瓷磚剝落造成的公安危害案量眾多，加上無法確定有潛在剝落危險的建築物，營建署也在 2019 年 3 月 25 日對外宣布，瓷磚外牆檢查將納入公共安全檢查體制內，並將相關規範收錄至建築法第 77 條與 91 條。

但即使有了良好的申報與檢查體制，若外牆改修時依然採取與之前相同的工法，用於外飾材的瓷磚依舊有剝落之虞，問題仍然沒有獲得解決。2018 年日本建築仕上學會在《台湾における外装タイルの劣化に関する研究報告書》中，提出台灣絕大部分的瓷磚剝落是發生在瓷磚與黏著層，因此如何提升與確保瓷磚與黏著層介面的接著強度，才能確實避免瓷磚剝落再次發生。該報告中並將台灣常見的瓷磚外牆，依構成分為五個部分，依序為結構體、粉刷層、防水層、黏著層、瓷磚(詳圖 1)，而瓷磚剝落的位置最容易發生在黏著層與瓷磚之間(DE 間)，以此調查報告的結果來看，瓷磚與黏著層的貼附處理上，仍存在有很大的問題。

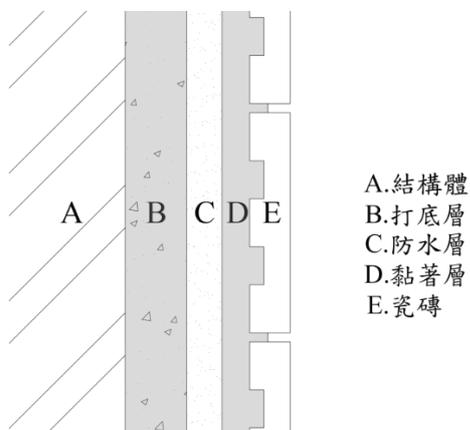


圖 1 台灣瓷磚外牆構成

### 1.2 研究目的

瞭解瓷磚背溝之有無、塗佈鏟刀型式的不同、是否抹縫等與瓷磚黏著方式之相關因素對瓷磚黏著強度所產生的影響，以減少台灣建築物外牆瓷磚因為黏著層劣化所帶來的剝落現象，增進國內公共安全，避免再有瓷磚掉落砸傷人的憾事發生。

### 1.3 研究方法

研究方法分為下列三項：

- (1) 文獻回顧(Literature Review)：透過文獻回顧，分析台灣建築物外牆瓷磚剝落的原因，並藉由分析台灣與日本在瓷磚黏著層作法上的差異，找出影響瓷磚黏貼的相關因素。
- (2) 瓷磚拉拔實驗(Tile Adhesive Pull-Out Load Experiment)：透過瓷磚拉拔實驗確認不同黏貼作法上的差異(如瓷磚背溝之有無、是否抹縫等)對瓷磚接著強度所帶來的影響。
- (3) 實驗分析與統計(Experimental analysis and statistics)：統計並分析拉拔實驗所測得之數值與破壞模式，並對瓷磚黏貼的施作方式提出進一步的改善建議，提高瓷磚外牆的品質。

## 二、文獻回顧

### 2.1 瓷磚外牆的破壞模式

瓷磚外牆的劣化因素有很多種，當飾面材發生劣化時，原因往往是複雜且多元的，不容易僅因單一因素，導致劣化情況發生。而導致瓷磚劣化的因素依日本仕上學會，可以分成五大原因，依序為自然因素、人為因素、施工因素、材料因素、以及其他因素(建築塗り仕上げ研究會，1991)，瓷磚外牆的劣化的種類多樣，本文整理四種較為常見且易對大眾生命安全造成危害的劣化現象進行解說及探討。

- (1) 龜裂：可能發生在瓷磚外牆構成中的任何一處，但以結構體造成的龜裂所造成的危害最大，混凝土結構體除了負荷過重、地震、不均勻沉陷等外力會造成龜裂以外，也會因為混凝土本身

的乾燥收縮，水與熱、溫度變化等應力影響，或者施工上的因素、中性化等作用而產生龜裂，如果結構體發生龜裂，不但會使建築物的耐久性能下降，對瓷磚張貼後的建築物也容易造成雨水滲入，進而使瓷磚外牆產生剝落等現象，嚴重時也將影響大眾生命安全。

- (2) 剝離：係指不同介質接著不良產生間隙導致材料分離的現象，而剝離的現象通常很難透過目視所察覺。
- (3) 鼓脹：是比較嚴重的剝離情況，由肉眼即可分辨，通常發生在結構體與打底層的介面，或者黏著層與瓷磚的介面，同樣是材料間接著不良所導致。接著不良的原因通常是因為溫度、濕度變化所產生的局部應力使不同材料的分離，即為鼓脹產生的原因。
- (4) 剝落：是指表面裝修材因為鼓脹而產生的脫落及欠損的狀況。

《台湾における外装タイルの劣化に関する研究報告書》中的案例，指出瓷磚與黏著砂漿界面的剝離，為瓷磚剝落最常發生的情況。此現象發生原因可歸咎於材料與施工兩方面的問題（圖 2）：

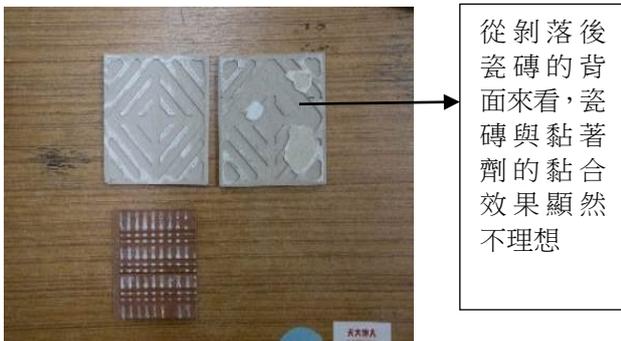


圖 2 外牆瓷磚黏著層介面剝落

- (a) 材料上的問題：多半發生於瓷磚背溝的形狀不佳，背溝的倒勾太過扁平或者太細，以至於瓷磚無法牢固的固定於黏著砂漿層上，瓷磚本身製成的形狀不利於與黏著層的結合，進而導致瓷磚剝落的情況發生。
- (b) 施工上的問題：在張貼過程中使用帶齒鏟刀，關於此種作法，在日本貼附瓷磚時是禁用帶齒

鏟刀的，台日兩地在外牆瓷磚施工上的差異可能導致接著強度的不同。此外，施工時間過長，導致黏著劑硬化影響貼附效果或者貼附瓷磚後未敲實，也均會導致瓷磚接著性能的降低。

## 2.2 台灣早期傳統慣用工法

依據《瓷磚工程剝落及析晶現象之研究》(林耀煌、廖國裕，1985)所做的調查顯示，當時台灣採用硬底壓貼外牆瓷磚貼附進行施工的整體佔比為 62.2%，採用軟底施工者約佔 37.8%，而改良式工法（如預貼工法、改良式壓貼工法、密貼工法等）在當時則還相當少見，可知台灣早期主要仍以軟底工法與硬底張貼工法為主。

### (1) 軟底工法：

優點：黏著力佳，可固定較大型的瓷磚，貼附時比較不受塗置時間所影響，瓷磚貼附後短時間內還能做些微的調整且稜角線可以隨水線調整以彌補底材不平或其他遺憾。

缺點：費時費工，且灰漿常無法填滿磚背，易造成空隙導致雨水入侵，產生白華等。

### (2) 硬底工法：

優點：施工快速、符合施工與經濟成本、降低白華發生機率。

缺點：需隨底材黏貼，無法校正底材，打底層精度要求較高，較大塊的瓷磚則須添加樹脂以加強黏著強度(將會增加原物料成本)，目前為台灣最通用的瓷磚貼附工法。

## 2.3 台灣瓷磚貼附工法

硬底工法是由山本正之於 1949 年創立，目的是改善軟底工法對於外牆瓷磚產生的白華現象，且可大幅提升施工效率與降低施工成本的新方法，具體的做法就是直接將黏著水泥砂漿塗抹在牆面上，再另外將瓷磚壓貼上去的工法，即為「硬底壓貼工法」。

由於軟底的作法較少用於高層建築，本文將以硬底式的貼附工法為主，將台灣曾經出現過的瓷磚貼附工法整理如下表 1。

表 1 瓷磚貼附工法整理

貼附工法類型	類型特徵
硬底壓貼工法(單面抹漿工法)	為台灣最常見的瓷磚貼附方式
馬賽克張貼工法	適用在 25mm 大小以下的瓷磚
改良式硬底壓貼工法(雙面抹漿工法)	為台灣目前學界較推崇的瓷磚貼附方式，被普遍認為能有效提升瓷磚接著強度
密貼工法	利用震動工具使瓷磚與黏著劑緊密結合但在台灣因為時間成本因素較少人使用
套膜材貼工法 (改良式馬賽克張貼法、KM 工法)	解決馬賽克張貼工法易受(open time)的影響，所改良出來的貼附工法
瓷磚預貼(嵌)工法	以省力、省工、增加瓷磚可靠性所開發出來的工法

## 2.4 瓷磚黏著層施作上的差異與相關因素

為解決台灣瓷磚外牆因黏著層接著力不足，而導致瓷磚剝落的通泛性現象，本研究進一步比較台灣早期的瓷磚貼附工法與由日本傳入的改良式硬底壓貼工法在材料與施工作法上的差異性。

此外，相較於國內學者倡導的改良工法以及日本相關規範上的施工規定，在黏著層至飾材表面層上的差異，主要可歸納為材料上的差異與施工作法上的不同兩大面項：

(1) 材料的差異性—瓷磚背溝倒勾：

日本的 JIS A 5209 2008，台灣的 CNS 9299 與 CNS 9737 均有對瓷磚的相關規範，但台灣早期對瓷磚外牆，並無必須得強制採用背溝倒勾的要求，究竟瓷磚背溝改用有倒勾設計的產品，其實質效益為何？本研究將對此因素對於瓷磚黏著強度的影響做進一步的探討。

(2) 工法差異性—瓷磚貼附工法的不同：

台灣在張貼瓷磚時大多使用硬底壓貼工法(單面抹漿)，而日本自 1965 年後就開始推廣改良式硬底壓貼工法(雙面抹漿)，至今日本已普遍使用改良式硬底壓貼，而台灣即便已經引入此項工法，在人力與物料成本的考量下，多數仍使用單面抹漿工法。

(3) 抹漿工具的差異：

在《防止外牆剝落之設計、施工指南與解說》(石正義(譯)，1997)一書與(盧珽瑞，2010)《高層集合住宅外牆瓷磚剝落原因與解決對策探討(一)》中提到，塗抹黏著層砂漿時禁用帶齒鏟刀，這明顯與台灣瓷磚師傅所習慣使用的帶齒鏟刀有明顯不同，因此本研究也將進一步釐清此項差異是否對瓷磚黏著帶來不同的影響。

(4) 抹縫的有無：

日本 JIS A 5758 以及台灣 CNS 6985 A2090 中，對抹縫材均有相關規範，但在台灣仍可見瓷磚未進行抹縫的建築物，經訪談相關業者，無抹縫的瓷磚外牆，其瓷磚的剝落率遠高於有抹縫的建築物。另一方面，在日本也僅在使用有機接著劑時，方可不施作抹縫，而台灣方面則無此強制規定。對此，本研究將進一步探討抹縫有無對於的瓷磚黏著的影響。

## 三、瓷磚拉拔實驗

### 3.1 實驗組設定

依前述，台灣與日本在瓷磚黏著層的做法大致上有著下列幾點差異：第一點為瓷磚倒勾的有無，與搭配不同的抹漿方式；第二點為塗抹黏著劑的鏟刀工具有所不同；第三點為瓷磚抹縫的施做與否。

為釐清上述因素對於瓷磚黏著程度的影響，本研究將依據瓷磚材料、施工方式及塗抹工具等條件的差

異，製作 8 組 (A1~G, A2) 條件各異的試體(表 2)。A1 組的實驗設定(台灣傳統工法), 無倒勾/單面抹漿, 用意在於模擬台灣傳統慣用的做法; B 組的實驗設定(改良工法), 為有倒勾/雙面抹漿, 用意在於模擬學界推廣改良式的做法; C 組的實驗設定(現今慣用工法), 為有倒勾/單面抹漿, 為台灣現今廣泛使用的做法, 用意在於作為對照組, 以確認抹漿工法不同與瓷磚倒勾設計的實際作用; D 組的實驗設定, 為無倒勾/雙面抹漿, 用意在於作為對照組, 以確認抹漿工法不同與瓷磚倒勾設計的實際作用(詳圖 3), 每組試體分別選擇

3 處進行拉拔。

依據前述設定, 各實驗分組的設定及分組條件說明如下:

(1) 第 I 大項: 瓷磚背溝與黏著工法的關係

此分組的目的為探討瓷磚的倒勾設計與瓷磚貼附工法不同(詳圖 4), 兩者各別對瓷磚黏著度所產生的差異, 實驗初步先依據台灣傳統工法(無倒勾瓷磚配合單面抹漿工法)的設定, 模擬早期外牆瓷磚的接著情況, 並將實驗組與對照組比較, 釐清不同工法與有無倒勾設計的瓷磚黏著強度差異(詳表 3)。

表 2 拉拔實驗分組設定總表

組別	實驗目的	小組	瓷磚		貼附工法		勾縫	使用鏟刀	
			有倒勾	無倒勾	單面抹漿	雙面抹漿	填縫(平縫)	平齒鏟刀	帶齒鏟刀
第 I 大項	確認抹漿與背溝造成的黏著強度差異並比較何者較為顯著	A1 組	--	●	●	--	--	--	●
		B 組	●	--	--	●	--	--	●
		C 組	●	--	●	--	--	--	●
		D 組	--	●	--	●	--	--	●
第 II 大項	確認平齒鏟刀對黏著強度的差異	E 組	--	●	●	--	--	●	--
		F 組	●	--	--	●	--	●	--
第 III 大項	確認抹縫對提升黏著強度的效益	A2 組	--	●	●	--	--	--	●
		G 組	--	●	●	--	●	--	●

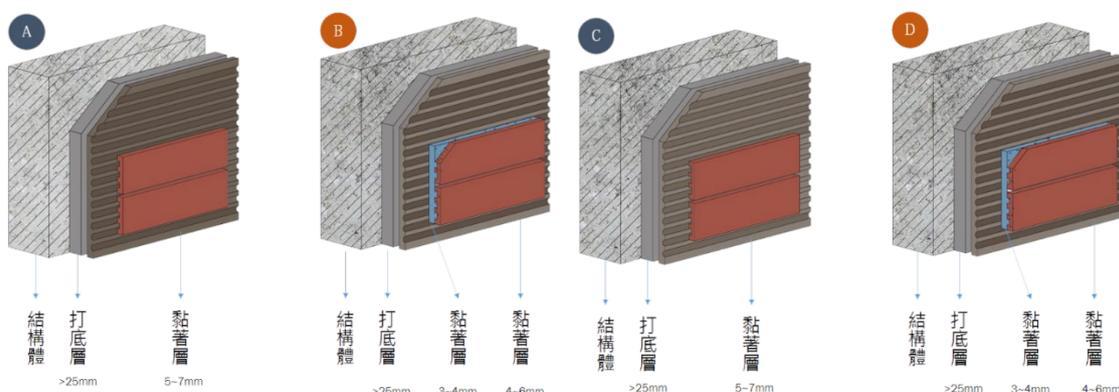


圖 3 實驗分組試體構成圖

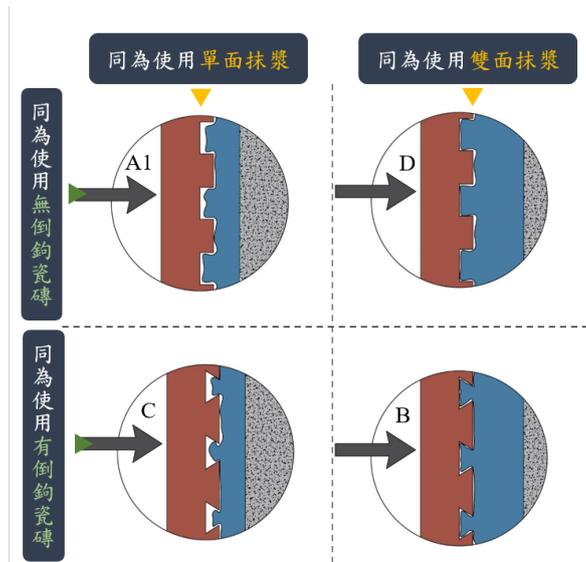


圖 4 第 I 大項對照表

表 3 雙面抹漿與倒勾瓷磚實驗對照目的

實驗控制因素	單組實驗目的	對照組目的
均為單面抹漿(A1 VS C)	單面抹漿下的條件下，有倒勾的瓷磚強度具體大於無倒勾多少	確認雙面抹漿以及有倒勾設計的瓷磚所帶來的提升效益。
均為雙面抹漿(B VS D)	雙面抹漿下的條件下，有倒勾的瓷磚強度具體大於無倒勾多少	
均為使用無倒勾瓷磚(A1 VS D)	無倒勾的條件下，不同抹漿對於強度的提升為多少	
均為使用有倒勾瓷磚(B VS C)	有倒勾的條件下，不同抹漿對於強度的提升為多少	

(2) 第 II 大項：平齒鋸刀與帶齒鋸刀造成的強度差異

此項分組的目的在於比較塗佈瓷磚黏著劑工具上之差異對瓷磚黏著所造成的影響，台灣慣用帶齒鋸刀，而日本使用平齒鋸刀(詳圖 5)，因此安排此項實驗進行瓷磚黏著力測試。分別以 A1(台灣傳統工法)與 B(改良工法)為對象，進行 E(與 A1 同為無倒勾+單面抹漿)與 F(與 B 同為有倒勾 + 雙面抹漿)兩個對照組，將實驗組與對照組比較，測試及比較改用平齒鋸刀相較於帶齒鋸刀(A1 與 B 組)所產生的差異，以確認使用不同鋸刀對於瓷磚接著的影響(詳表 4)。

(3) 第 III 大項：抹縫的造成的強度影響

台灣早期有許多建築物為了美觀或設計等因素選擇不進行抹縫，如今發生瓷磚剝落時，有選擇抹縫做為補強的作法(詳圖 6)，本組旨在模擬台灣傳統工法的設定下，進行抹縫去測試，將實驗組與對照組比較了解抹縫對於瓷磚接著強度有無提升(詳表 5)。

3.2 試體製作

CNS 12611 的瓷磚拉拔實驗是在實驗室內去進行操作，在無外界干擾且相對穩定的條件下進行測試，能在撇除人為操作不當以及環境影響下，測試瓷磚的黏貼品質，在此環境條件下，測得的數據也相對較為均質或精準，但在施工現場，往往無法撇除人為以及其他環境因素，因此即使在使用相同工法、材料的瓷磚外牆，其瓷磚黏貼品質也可能產生大程度的落差。

本研究在實驗室也依造 CNS 12611 的試驗規範來進行測試，而為使實驗結果能盡量與實際施工情境相仿，而選擇模擬現場施工的方式來釐清為何現今 20~30 年屋齡的建築物容易發生瓷磚在黏著層發生剝落的情況，進而了解台灣可能的劣化模式，以更進一步解決現今瓷磚剝落的問題，達到減少公安意外達到增進台灣環境安全的目的。

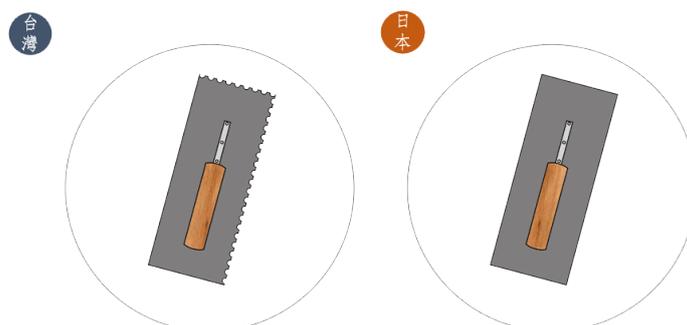


圖 5 使用鏟刀介紹

表 4 第 II 大項實驗用因對照表

對照組細項		對照組目的
無倒勾+單面抹漿		確認台灣傳統慣用工法改用平齒鏟刀的強度差異。
A1 組(帶齒鏟刀)	E 組(平齒鏟刀)	
有倒勾+雙面抹漿		確認學界推廣改良工法改用平齒鏟刀的強度差異
B 組(帶齒鏟刀)	F 組(平齒鏟刀)	

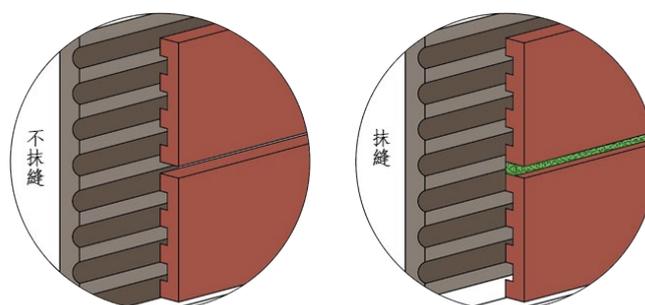


圖 6 抹縫示意圖

表 5 第 III 大項實驗用因對照表

對照組細項		對照組目的
無倒勾+單面抹漿		確認台灣慣用工法上抹縫的具體效益
A2 組(不抹縫)	G 組(抹縫)	

為確實進行黏著層與瓷磚部位的變因操作與黏著強度的探討，因此其他部件在製作時，也盡可能依造相關的規範來進行施作，並模擬在工地的環境之下，盡可能的控制人為施工不當所造成的影響，以下為實驗的各部位設定：

(1) 混凝土結構牆體

依公共工程委員會第 03053 章進行牆體製作與養護，設計強度 3500psi 混凝土，採手拌方式，混凝土澆置後灑水養護七天，並以尼龍布覆蓋防止水分散失並靜置 28 天後，再依照 CNS 12611 瓷磚拉拔實驗規範，以 150 號砂紙磨除脆弱表層，增加表面接著力。

(2) 打底層

打底前塗佈厚度約為 1-1.5mm 土膏(土膏材料為水泥，水灰比為 1：2)，以增加結構體與打底砂漿介面接著力，打底層厚度係參照日本 JASS 5 牆面精度要求，採用“薄漿工法”，打底厚度約為 5~7mm，打底材為工業化製品，設計強度為 2500psi，打底完成面另依“日本仕上學會”之建議，以木鏟刀進行修飾，製造粗糙紋理，增加打底層介面接著力，施作打底層後待 24HR 再行貼附瓷磚。

### (3) 貼附瓷磚

貼附瓷磚前，以沾濕海綿充分清潔潤濕打底層，防止打底層過於乾燥快速吸走瓷磚黏著劑水份導致水合作用不完全，形成介面弱層。

採用之有倒勾瓷磚為符合 CNS 9737 倒勾設計規定之外牆瓷磚，瓷磚型式為山型二丁掛；採用之無倒勾瓷磚為筆者找尋瓷磚業者庫存品，有 20 年以上歷史，瓷磚型式為凹凸面二丁掛，瓷磚貼附前，充分清潔背面粉塵、潤濕，防止黏著劑與瓷磚介面接著不良產生。

### (4) 黏著劑

為比較台灣傳統工法，本次瓷磚黏著劑採用水泥 + 海菜粉，水灰比約為 1：2-2.5。由於施作當日，實驗場(台南)濕度高達 80%，因此將拌合完成的黏著劑放置 15 分鐘後再進行施作，以防止瓷磚滯留現象的產生。

### (5) 抹縫

瓷磚抹縫依製造廠商建議，待瓷磚貼附完成 24 小時後才施做抹縫。

## 3.3 拉拔實驗步驟

實驗以參照 CNS 12611 實驗流程設定為主，具體步驟設定如下：

- (1) 墊片安裝時機依 CNS 12611 建議在瓷磚貼附 4~6 天時進行貼附
- (2) 墊片放樣用麥克筆標示瓷磚拉拔位置
- (3) 切割至混凝土面(詳圖 7 之 step2)，切割範圍由拉拔墊片決定(本實驗墊片為 5\*5cm 的大小)

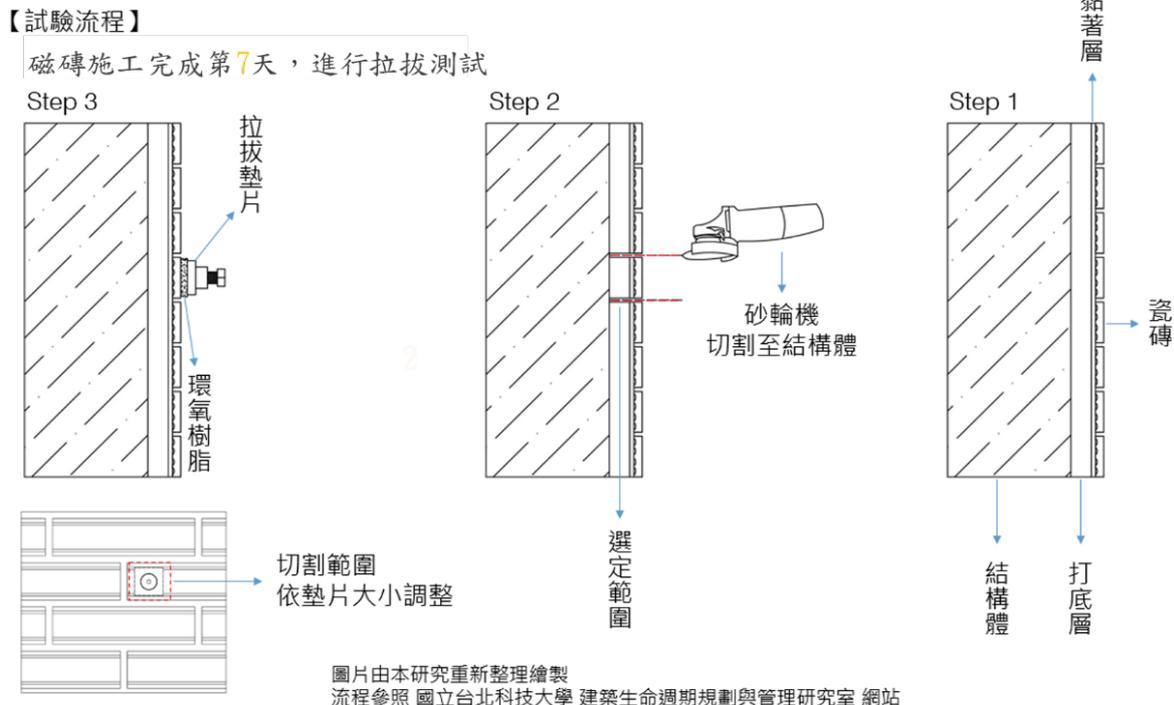


圖 7 瓷磚拉拔實驗流程圖

(上圖係參考國立台北科技大學建築生命週期規劃與管理研究室網站，並由本研究重新整理繪製)

- (4) 清潔牆面，去除粉塵，避免 AB 膠接著不良影響實驗。
- (5) 將 AB 膠(環氧樹脂)以 1 : 1 進行混合(依 CNS12611 可在玻璃板上進行)
- (6) 將環氧樹脂均勻塗佈至墊片與瓷磚切割面，黏貼拉拔墊片(厚度約為 1~2mm)(詳圖 7 之 step3)
- (7) 用膠帶進行固定等待至少 24 小時，以達到環氧樹脂最大接著強度(一般環氧樹脂達 100%設計強度，應至少等待 24 小時)
- (8) 去除固定膠帶，墊片安裝完成待 7 天後，進行拉拔實驗。
- (9) 每組試體選 3 處進行拉拔。

#### 四、實驗分析與統計

##### 4.1 實驗結果分析

本研究之實驗結果說明如下：

##### 第 I 大項：瓷磚背溝與黏著工法的關係(台灣價

##### 用工法 VS 改良式工法)

依照實驗結果，A1 組模擬台灣早期慣用工法所測得的平均強度為 4.55 kgf/cm<sup>2</sup>；B 組改良工法所測得的平均強度 15.83 kgf/cm<sup>2</sup>，在強度上提升了 11.28 kgf/cm<sup>2</sup>。

(1) 抹漿工法對於瓷磚接著力的影響：

(A) 無倒勾瓷磚組(A1 組 VS D 組實驗條件)

在同為無倒勾瓷磚的情況下，單面抹漿(A1 組)平均強度為 4.55 kgf/cm<sup>2</sup>；雙面抹漿(D 組)平均強度為 9.95 kgf/cm<sup>2</sup>，兩者強度相差 5.4 kgf/cm<sup>2</sup> (表 2，圖 8)。

(B) 有倒勾瓷磚組(C 組 VS B 組實驗條件)

在同為有倒勾瓷磚的情況下，單面抹漿(C 組)平均強度 10.14 kgf/cm<sup>2</sup>；雙面(B 組)平均強度為 15.83 kgf/cm<sup>2</sup>，兩者強度相差 5.69 kgf/cm<sup>2</sup>。

分析第 1 對照組及第 2 對照組之結果可得知無論在使用無倒勾或者有倒勾瓷磚的條件下，使用雙面抹漿工法均能有效提升瓷磚飾材接著強度。

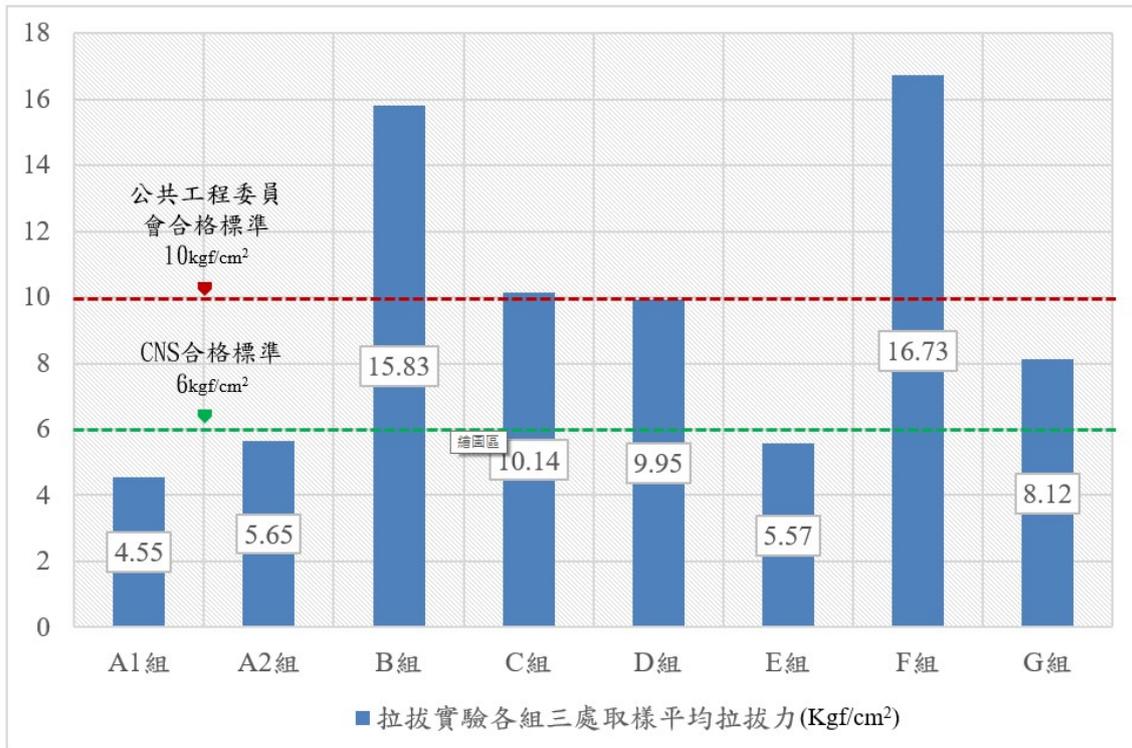


圖 8 瓷磚拉拔實驗各組平均數值

(2) 瓷磚背溝倒勾有無對於瓷磚接著力的影響：

(A) 在同樣使用單面抹漿工法並使用帶齒鏟刀的條件下，無倒勾組(A1 組)平均強度為 4.55 kgf/cm<sup>2</sup>，有倒勾組(C 組)平均強度為 10.14 kgf/cm<sup>2</sup>，兩者強度相差 5.59 kgf/cm<sup>2</sup>。

(B) 在同樣使用雙面抹漿工法並使用帶齒鏟刀的條件下，無倒勾組(D 組)平均強度 9.95 kgf/cm<sup>2</sup>；有倒勾組(B 組)平均強度為 15.83 kgf/cm<sup>2</sup>，兩者強度相差 5.88 kgf/cm<sup>2</sup>。

比較第 1 對照組及第 2 對照組之結果，得知無論採用單面抹漿或者雙面抹漿工法，使用有倒勾的瓷磚均能有效提升接著強度。

### 第 II 大項：平齒鏟刀與帶齒鏟刀的影響

(1) 無倒勾瓷磚組

在同樣使用無倒勾瓷磚並使用單面抹漿工法的條件下，帶齒鏟刀組(A1 組)平均強度為 4.55 kgf/cm<sup>2</sup>；平齒鏟刀組(E 組)平均強度 5.57kgf/cm<sup>2</sup>，兩者拉拔強度相差 1.02 kgf/cm<sup>2</sup>。

(2) 有倒勾瓷磚組

在同樣使用有倒勾瓷磚並使用雙面抹漿工法的條件下，帶齒鏟刀組 (B 組) 平均強度為 15.83 kgf/cm<sup>2</sup>；平齒鏟刀組(F 組) 平均強度 16.7 kgf/cm<sup>2</sup>，兩者拉拔強度相差 0.9 kgf/cm<sup>2</sup>。分析第 1 對照組及第 2 對照組之結果，可得知無論在使用台灣傳統工法(A1 組)或者是改良式工法(B 組)，只要將塗抹黏著劑的工具從帶齒鏟刀改為使用平齒鏟刀均能夠提升瓷磚接著強度。

### 第 III 大項：瓷磚抹縫有無對於瓷磚接著力的影響

在同樣使用無倒勾瓷磚、單面抹漿工法以及帶齒鏟刀的條件下，不抹縫組(A2 組)的平均強度為 5.65kgf/cm<sup>2</sup>；抹縫組(G 組)平均強度為 8.12 kgf/cm<sup>2</sup>，兩者拉拔強度相差 2.47 kgf/cm<sup>2</sup>。

由實驗結果可知，進行抹縫組的接著強度大於不抹縫組，抹縫能有效增加瓷磚接著強度，未抹縫的建築物採用抹縫的方式來進行補強，對瓷磚之黏著強度有一定的提升效果。

## 4.2 瓷磚剝落位置分析

為釐清瓷磚剝落的確切位置，本研究將每一組的平均分佈情況繪製成直條圖進行統計，更進一步分析各組所產生剝落位置的分佈情況 (圖 9)。

在統計剝落介面時發現，使用相同瓷磚貼附工法的組別其剝落介面的分佈有較為相似的情形出現，這意味著選擇不同的貼附工法，除了影響接著強度外，也將會大大的影響瓷磚剝落介面的位置；本次實驗使用的瓷磚貼附工法為：硬底壓貼工法(單面抹漿工法)與雙面抹漿工法 (單面抹漿工法)，以下將針對這兩種瓷磚貼附工法進行剝落介面的現象分析，以及探討可能的瓷磚剝落解決對策。

(1) 分析方法

本研究使用 Auto CAD 軟體，依實驗後之照片，繪製剝落情況分佈圖，並且計算出剝落層的面積。

本次研究所有實驗組數從結構體剝落的現象並未出現，因此以瓷磚背面面積占比、黏著層面積占比、打底層面積占比作為分類進行統計，目的是了解剝落的情況是否符合文獻回顧指出的台灣外牆瓷磚易發生於瓷磚黏著層的結果，此處以其以 A1-1 來舉例(詳表 6)。

表 6 A1-1 處剝落分析

A1-1 剝落情況紀錄分析		
瓷磚墊片剝離情況	剝離介面分析	
		
剝離範圍面積及比例分析		
		
打底層	黏著層	瓷磚
8%	45%	47%

(2) 瓷磚剝落位置分析

本研究依照上述之分析方式，將每一處拉拔後試體的剝落情況依照打底層、黏著層等瓷磚剝落的位置及面積進行分析，並計算各介面的剝落面積了解其剝落情形，以了解在不同條件設定下瓷磚剝落方式的差異，統計結果如下：

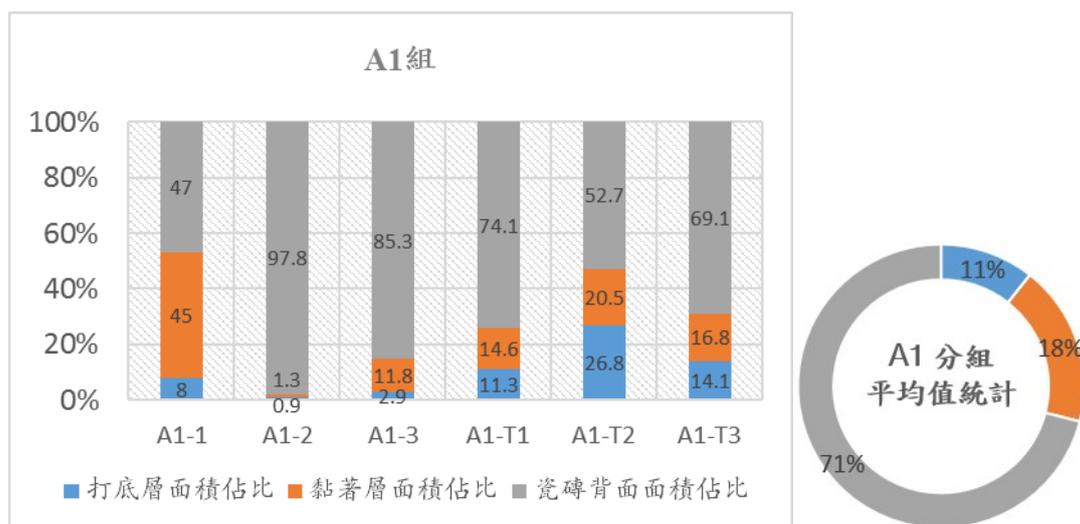


圖 9 A1 組瓷磚剝落情況分佈

將 A1 組的各處平均後，得到剝落的位置發生在瓷磚背面佔了 71%；黏著層佔了 18%；打底層則佔了 11%。

由 (圖 10) 可以得知，A1、A2、C、E、G 組有比較類似的剝落情況，儘管上列各組有著不同的實驗變因，不過上述各組均是使用單面抹漿工法來進行瓷磚貼附；而 B、D、F 組三組也有較為類似的剝落情況，儘管實驗變因依然各自不同，但三組均同樣使用雙面抹漿方式來進行瓷磚的貼附，依上列結果來看，可推論瓷磚剝落界面的位置受到貼附工法方式的影響甚大。經過分析實驗後瓷磚剝落情況及計算剝落層的面積 (圖 11)，以瓷磚背面面積占比、黏著層面積占比、打底層面積占比作為分類進行進一步統計。

底下將就各組試體條件的差異，進行深入的分析：

(A) 單面抹漿工法易發生剝落的位置：

從實驗結果來看，單面抹漿 (硬底壓貼) 工法最容易發生剝離的位置是在瓷磚與黏著層的交界面，約有面積 68% 的發生在此介面 (圖 12)。

單面抹漿為台灣慣用的瓷磚貼附工法，剝落介面與日本建築仕上學會 (2018) 對台灣調查的結果：瓷磚剝離多半發生在黏著層相符，而透過本次研究，可以更準確的說，是發生在瓷磚背面與黏著劑的交接面，推估其原因，主要是在使用單面抹漿工法貼附時，黏著劑與瓷磚背面易產生接著不良的問題所造成。

(B) 雙面抹漿工法易發生剝落的位置

從實驗結果來看，使用雙面抹漿 (硬底壓貼) 工法時最容易發生剝離的位置是在黏著層本身的斷裂，整體比例約有 52% 的剝離發生在此位置，此情況與單面抹漿容易劣化的位置明顯有所不同 (詳圖 13)。

此外，從實驗結果來看，所有使用單面抹漿工法的各組試體，即使是相同設定的同一組別，仍出現測得之拉拔力落差較大的情形。相較之下，使用雙面抹漿工法之組別，雖然相同設定的組別中也難免有數值上的波動，但相較於使用單面抹漿工法的組別，拉拔實驗後所測得之數值則較為穩定 (詳圖 14)。

就此次實驗結果看來，瓷磚使用雙面工法進行貼附，除了有較為優異的接著強度，也具有黏著品質較為穩定的優點 (詳圖 15)。

## 六、結論

本研究透過瓷磚拉拔試驗釐清不同黏著條件影響下外牆瓷磚飾面的黏著效果。從實驗的結果來看，採用國內瓷磚外牆既有之施作方式 (單面抹漿)，剝落界面確實容易發生在黏著層，同時也容易造成瓷磚黏貼品質不穩定的情況發生；而採用雙面抹漿工法的試體則具有較佳的穩定性。此外瓷磚背溝倒勾設置與否、單面抹漿或是雙面抹漿工法的差異、鏟刀型式的不同與抹縫的施作與否，均會影響外牆瓷磚的接著強度以及瓷磚剝落所發生的界面位置。

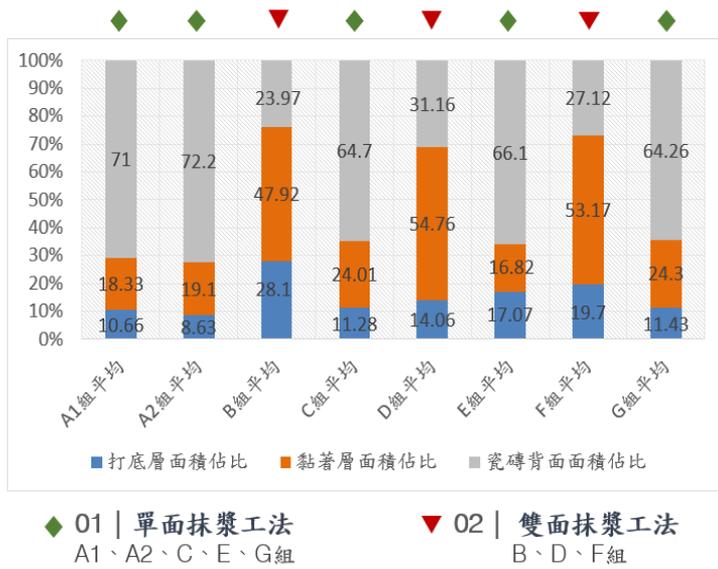


圖 10 瓷磚拉拔剝落介面分佈統計圖

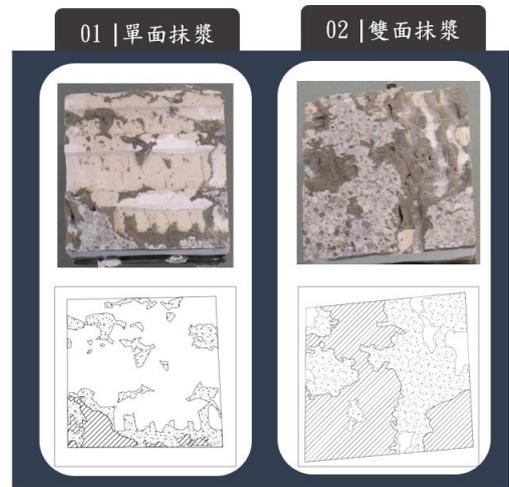


圖 11 抹漿工法剝落位置示意圖

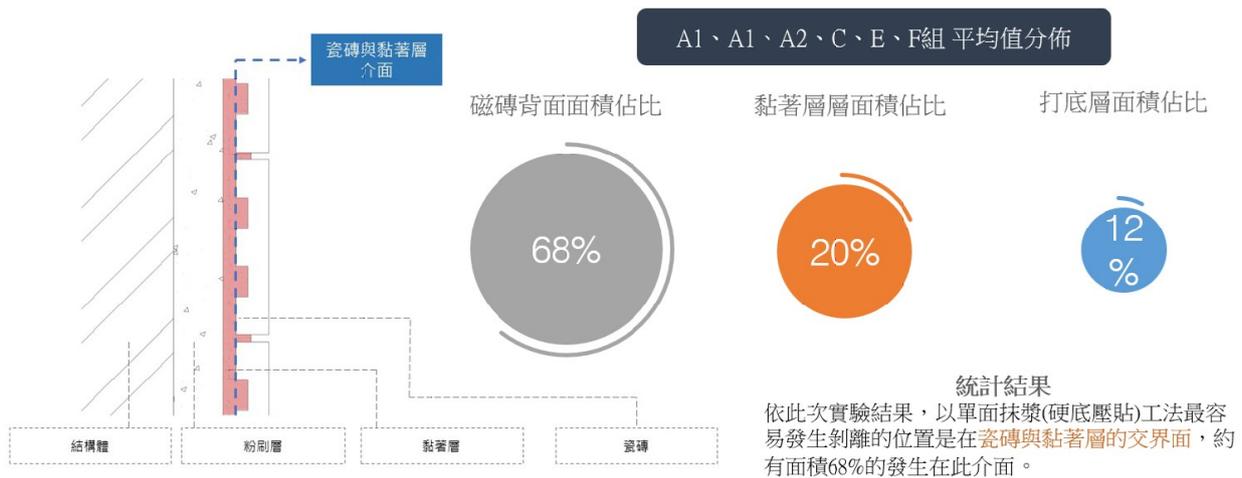


圖 12 單面抹漿工法剝落位置與介面層分析

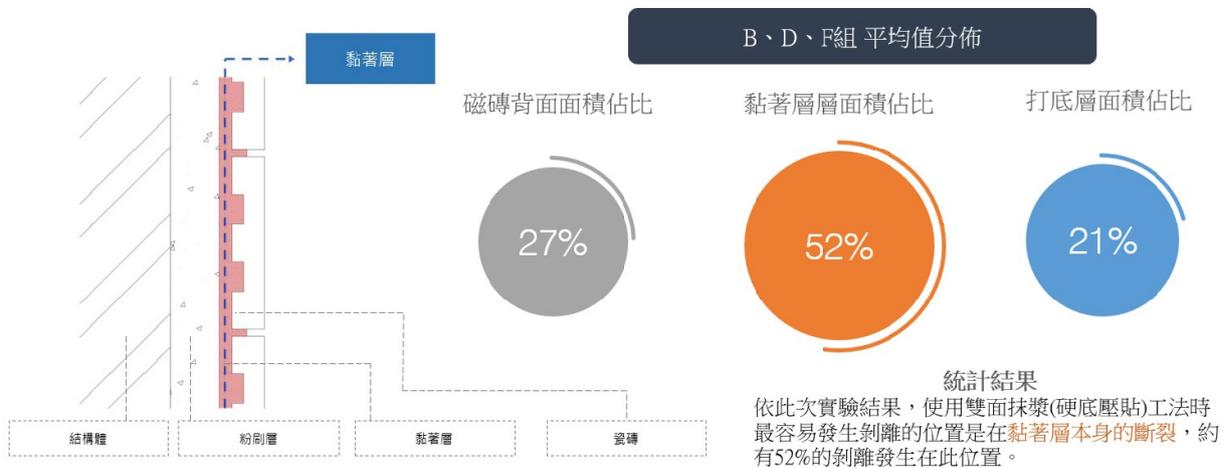


圖 13 雙面抹漿工法剝落位置與介面層分析

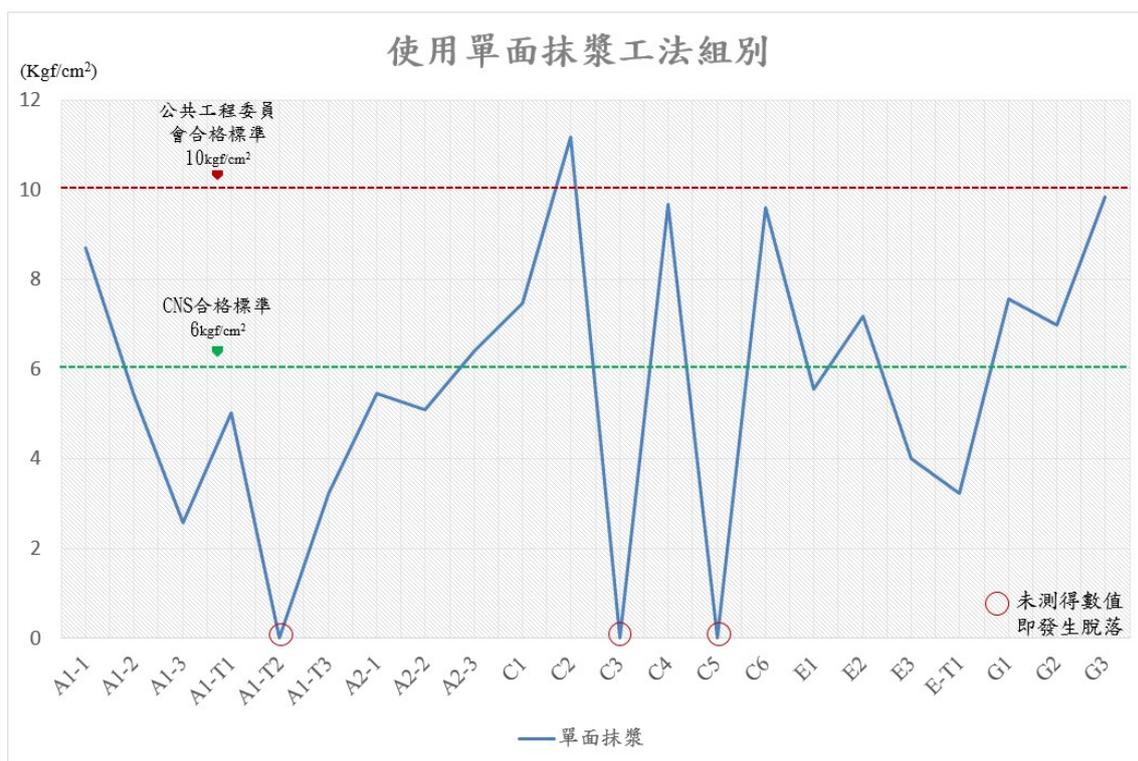


圖 14 單面抹漿各處拉拔數值分佈與趨勢

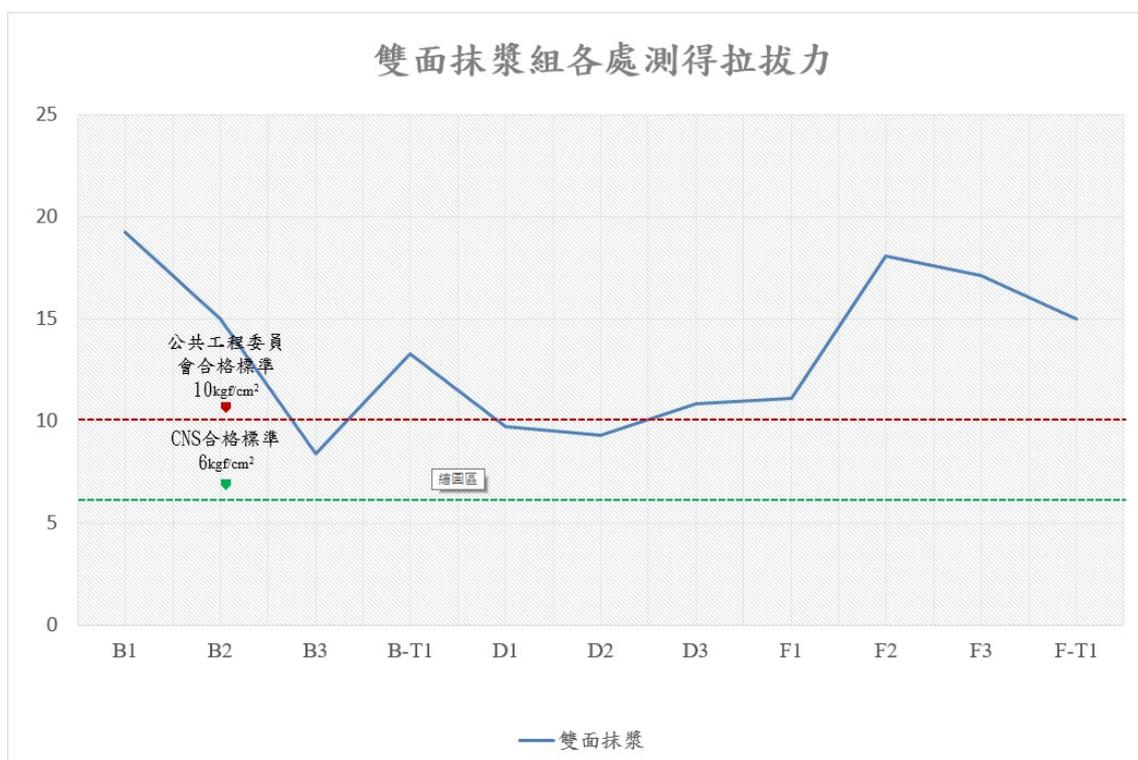


圖 15 雙面抹漿各處拉拔數值分佈與趨勢

瓷磚外牆其實是個複雜的構成，導致瓷磚剝落的因素往往不僅止一種，發生瓷磚剝落的現象往往是多個因素交互影響所導致而成的，本研究透過實驗的方式，將各個與瓷磚黏著的相關因子與瓷磚黏著效果的關係做更進一步的驗證與釐清，希望能減少我國日益頻繁發生的瓷磚剝落事件，同時也對於提升外牆瓷磚的品質有所幫助。

## 參考文獻

- 石正義(譯)(1997)。防止外牆剝落之設計、施工指南與解說。台北市：詹氏書局。
- 石正義，陳惠民(2016)。建築物外牆瓷磚掉落危險性診斷的探討。環境與藝術學刊，(17)，65-84。取自 <http://nhuir.nhu.edu.tw/retrieve/53397/4052001704.pdf>。
- 行政院公共工程委員會第 03053 章水泥混凝土之一般要求。
- 林耀煌，廖國煜(1985)。瓷磚工程剝落及析晶現象之研究。台北科技大學，台北市。
- 高雄市工務局(2014)。高雄市 103 年度推動建築物加強公共安全成果專輯。高雄市：工務局。
- 經濟部標準檢驗局 CNS 9737 陶瓷面磚。
- 經濟部標準檢驗局 CNS 12611 陶瓷面磚用接著劑。
- 經濟部標準檢驗局 CNS 6985 A2090 建築填縫用聚胺酯。
- 盧珽瑞(2010)。高層集合住宅外牆瓷磚剝落原因與解決對策探討(一)。台北市：內政部建築研究所。
- 職業能力開發綜合大學校能力開發研究センター編(2008)。タイル(改訂)。東京都：職業訓練教材研究会。
- 日本建築仕上学会(2018)。台湾における外装タイルの劣化に関する研究報告書。日本：東京都。
- 日本建築学会 JASS 5 鉄筋コンクリート工事。
- 日本産業標準調査会 JIS A5209 2008 セラミックタイル。
- 日本産業標準調査会 JIS A5758 建築用シーリング材。
- 建築塗り仕上げ研究会(1991)。塗裝吹付け工事：監

理と施工。東京都：彰國社。

## REFERENCES in English

- Chapter 03053 (2005). *General Requirement of Cement Concrete*. Taipei: Public Construction Commission (PCC) Executive Yuan.
- CNS 12611 (2011). *CNS 12611: Organic Adhesives for Ceramic Tiles*. Taipei: Bureau of Standards, Metrology and Inspection, Ministry of Economic Affairs.
- CNS 6985 A2090 (2010). *CNS 6985 A2090: Polyurethane for Building Joint Sealant*. Taipei: Bureau of Standards, Metrology and Inspection, Ministry of Economic Affairs.
- CNS 9737 (2016). *CNS 9737: Ceramic Tiles*. Taipei: Bureau of Standards, Metrology and Inspection, Ministry of Economic Affairs.
- Ebina, K. (2018). *A Study on the Deterioration of the Exterior Wall Tile for High-rise Apartments in Taiwan*. Tokyo: Japan Society for Finishings Technology.
- Institute of R&D center, Polytechnic University (2008). *Tiles (renovation)*. Tokyo: The Research Group of Vocational Training Textbook.
- JASS 5 (2018). *JASS 5: Reinforced Concrete Work*. Tokyo: Architectural Institute of Japan.
- JIS A5209 2008 (2010). *JIS A5209 2008: Ceramic tiles*. Tokyo: Japanese Industrial Standards Committee.
- JIS A5758 (2016). *JIS A5758: Sealants for Sealing and Glazing in Buildings*. Tokyo: Japanese Industrial Standards Committee.
- Lin, Y. H., & Liao, G. Y. (1985). *Study on the Peeling Factors of Facade Tiles and Crystallization*. National Taipei University of Technology, Taipei.
- Lu, T. J. (2010). *A Research Study on the Solution to Spalling of Exterior Wall Tiles of High-Rise Apartment Buildings*. Taipei: Architecture and Building Research Institute.

- Public Works Bureau of Kaohsiung City Government.  
(2014). *2014 Promotion of Enforcing Public Safe of Buildings in Kaohsiung*. Kaohsiung: Kaohsiung City Government.
- Shih, C. Y. (1997). *Design, Construction Guidelines, and Explanations for Preventing Peeling of External Walls*. Taipei City: Chan's Publishing.
- Shih, C. Y., & Chen, H. M. (2016). To investigate the diagnosis of building façade tiles falling risk. *Journal of Environment & Art*, (17), 65-84.
- The Research Group of Coating Finishing (1991). *Spray Coating: Supervision and Construction*. Tokyo: Shokokusha Publishing.