

全國高級中等學校土木與建築群106年專題及創意製

作競賽複賽

「專題組」作品說明書封面

群 別：土木建築群

作品名稱：如如不動的地磚--不打除地面磁磚的神奇

修護法

關鍵詞：膨拱、熱應力

目錄

壹、摘要	1
貳、研究動機	1
一、研究目的	1
參、研究方法	1
一、文獻回顧	2
二、修補材料性質	3
三、本研究所使用的施工方法	4
四、本研究所使用設備與材料	4
五、實作過程	6
肆、研究結果	15
伍、討論	17
一、實作問題	17
二、實作建議	17
陸、結論	18
柒、參考資料及其他	18

圖目錄

圖 1 研究流程圖	2
圖 2 熱應力變化圖	3
圖 3 熱膨脹受阻變化圖	3
圖 4 刮刀	4
圖 5 AB 膠	4
圖 6 槌子	4
圖 7 灌注器	5
圖 8 圓鋸機	5
圖 9 電鑽	5
圖 10 水泥砂漿	5
圖 11 施工現場評估示意圖	6
圖 12 施工現場圖	6
圖 13 清除現場圖	7
圖 14 敲除黏著劑圖	7
圖 15 拼回地磚圖	8
圖 16 施作失敗圖	8
圖 17 施工現場評估考量圖	9
圖 18 割除地磚縫隙圖	9

圖 19 割除後的減壓縫隙圖	9
圖 20 將縫隙評均鑽孔試驗圖	10
圖 21 灌注孔詳細位置圖	10
圖 22 灌入 AB 膠詳細位置圖	10
圖 23 水泥砂漿圖	11
圖 24 實作完工圖	11
圖 25 分辨膨拱狀況示意圖	12
圖 26 割除地磚縫隙圖	12
圖 27 鑽孔位置圖	13
圖 28 鑽孔圖	13
圖 29 灌注 AB 膠圖	14
圖 30 填補水泥砂漿圖	14
圖 31 完成圖	15
圖 32 傳統工法改進示意圖	16

表目錄

表 1 材料用途說明	4
表 2 本研究案例施工成效比較	16

壹、摘要

在近年來民宅及公共建築皆廣泛使用地磚及磁磚鋪面，台灣位處亞熱帶地區環太平洋地震帶上，時常因溫度變化造成磁磚鋪面不均勻的熱應力分布，以及地震的影響造成磁磚鋪面的扭曲而變形，這種情形就是俗稱的「膨拱現象」，當磁磚鋪面發生「膨拱現象」通常解決方式是拆掉舊有磁磚購買新磁磚來取代的，而這種傳統的工法不但耗時同時需要較多的材料及人力成本，本研究嘗試發展出「減壓工法」以減少耗材費用、人力以及時間的成本，並簡化工序讓一般人皆可自行在家 DIY 施作來解決對地磚的「膨拱現象」，達到便利、經濟的效果。

由本研究結果顯示，「減壓工法」會比「傳統工法」省時、破損率低及經濟效益高，

貳、研究動機

在學校的學習過程中發現校園內部分地磚有嚴重隆起的情形，甚至出現空心鬆動的狀況，嘗試了解隆起原因後才知道這種現象稱為「膨拱現象」，處理這種現象常用的傳統的做法通常施工時間長，還會有噪音及空氣污染且更需支出替換磁磚的費用。所以嘗試找出「省時」、「不用更換新磁磚」、「可自行 DIY 的方法」。

一、研究目的

本研究發展出「減壓工法」來解決對地磚的「膨拱現象」。並藉由此方法的施作期能達到以下目的：

- (一)、發展出「減壓工法」的標準施作程序，同時考慮減少耗材費用、以及人力與時間的成本，並簡化工序讓一般人皆可自行在家 DIY 施作。
- (二)、藉由實作過程了解熱應力對地磚造成的影響。
- (三)、藉由實作了解地磚殘留應力的釋放過程。

肆、研究方法

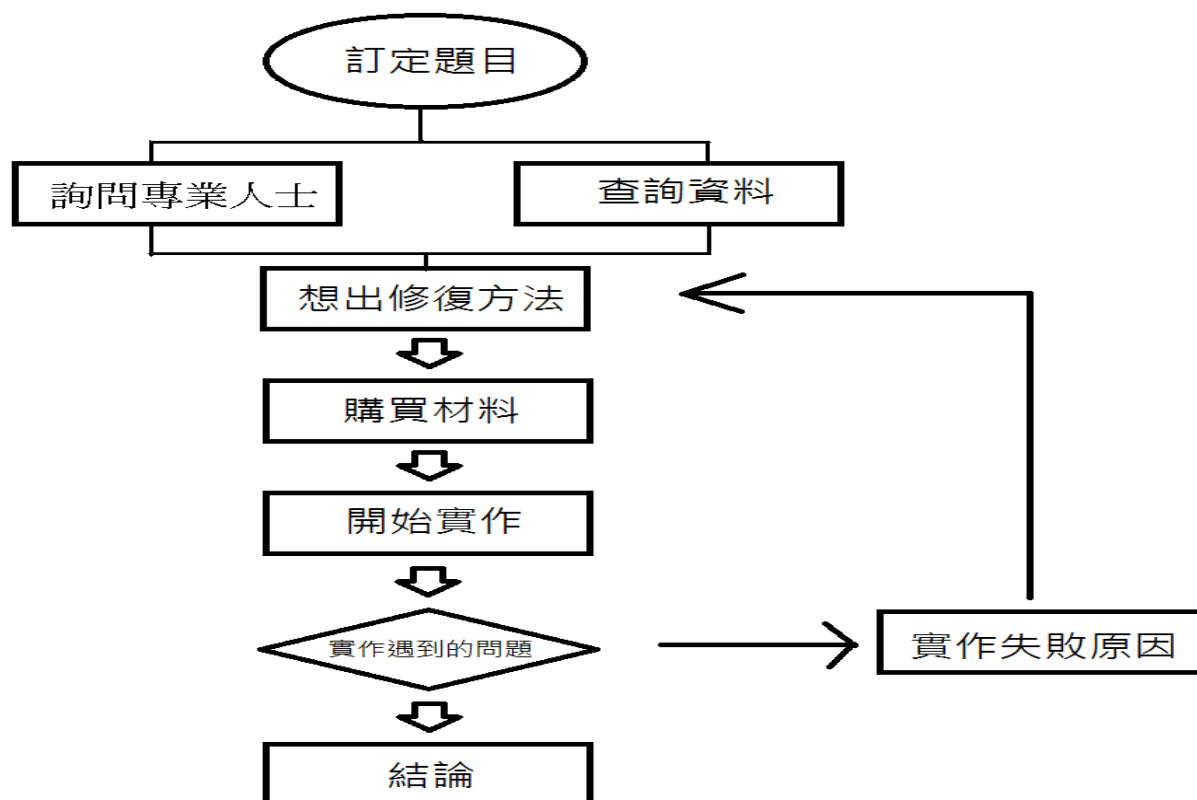


圖 1 研究流程圖

一、文獻回顧

(一)學校內的地磚因膨脹而隆起的主因是由於地磚中熱應力的變化，我們想要在不破壞地磚的情況下將地磚中殘留應力釋放，~~同時~~消除~~地~~磁磚的膨拱現象以回復原本平坦的地面。本次研究使用材料如下：

1. 磁磚：磁磚的主要成分為黏土、長石、石英。
2. 海菜粉：作為保水劑使用，添加海菜粉可提升工作效率，施工期間能鎖住水分，沒加海菜粉的水泥漿通常十分鐘左右就會乾掉，添加海菜粉則可以延長到九十分鐘水泥漿才會硬化。（註四）
3. 黏著劑：「水泥」+「細沙」+「海菜粉」混合使用。
4. AB 膠：AB 膠的成份包括環氧樹脂膠黏劑，具有良好的自流平性、不容易白化性，固化後產品高光澤、高硬度，具有優異的耐溶劑性、耐候性。

(二)地磚膨拱的原因：

由於地磚必須經過黏貼施工後才能牢固地附著於使用場所的表面。但在地磚與黏著時，必須藉由黏著材料讓地磚與地面結合，通常使用的黏著材料多為地磚黏著劑、益膠泥或水泥砂漿。在地磚黏著過程中，黏著劑會逐漸凝固。並產生水氣、二氧化碳等氣體，含有水份的氣體會經由地磚縫隙釋放出來，這就是『地磚與地磚之間必須留有一定縫隙』的原因。如果地磚與地磚之間未能留下縫隙，則黏著材料所產生之氣體將無法釋放而留

在地磚與黏著面之間。這些氣體會隨著氣候的溫度變化產生膨脹與收縮，甚至會把地磚與黏著表面撐開，這就是『膨拱現象』發生的主要原因。(註三)

(三)熱應力的產生：

熱應力的形成多因材料受到不均勻加熱所造成，由於材料急速加熱或冷卻，造成內部的溫度分佈產生差異，若材料的應變超過材料的彈性限度而進入塑性區產生塑性變形而造成材料應變的不均勻分布或應變受限就可能產生熱應力。如圖(1)圖(2)所示，即是因為材料應變受限而產生熱應力。(註二)

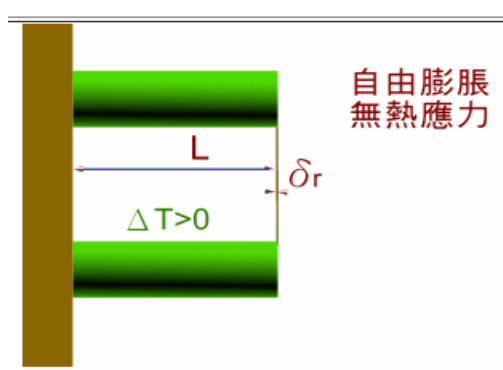


圖 2 熱應力變化圖

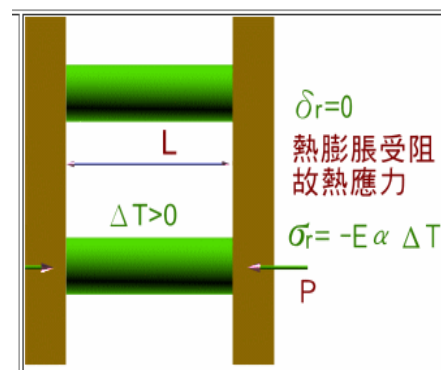


圖 3 熱膨脹受阻變化圖

(四)地磚應力釋放說明如下：

地磚因受溫度變化影響後變形不均勻而造成內部應力殘留，為了要釋放地磚的應力，我們使用圓鋸機將地磚的灰縫割除，讓原本膨拱的地磚有多餘的空間進行應力釋放。(註一)

二、修補材料的性質(註六):

用於磁磚修補的材料，種類繁多，選擇符合要求的材料時除了考慮材料的耐久性之外，同時需要考量下列的材料性質：

- (一)熱膨脹係數低:使用熱膨脹係數較低的修補材料，以避免開縫、剝落或脫層的情況產生。
- (二)乾燥收縮小:大多數裂縫補強都是使用在老舊混凝土，因此修補材料應盡量採用無收縮或收縮較小者以避免修補後的局部變形。
- (三)滲透性大:滲透性差的材料進行大面積的修補、塗層或覆蓋時，表面的水分就會被封閉在基底與修補材料間影響黏著效果。
- (四)適當的添加減水劑或膨脹劑:普通砂漿是由卜特蘭水泥、細粒料和水拌合而成。為了減少收縮量通常添加減水劑、膨脹劑或其他摻料改變其性質來調整水泥砂漿的性質使其適用於小型修補。

三、本研究所使用的施工方法：

本研究總共進行 3 個案例實作(案例 A、案例 B、案例 C)來驗證，而使用的工法則包括「傳統工法」與「減壓工法」，其中案例 A 使用了「傳統工法」，案例 B 和案例 C 則使用「減壓工法」。

- (一)傳統工法:將膨拱地磚隆起最高處用鑿子打出縫隙，再把地磚全部拿起，每一片敲除後的地磚四邊用刮刀把黏著劑敲除，再鋪設回原本的位置
- (二)減壓工法:先找出膨拱地磚隆起最高處使用圓鋸機把地磚灰縫切割，讓膨起來的地磚有空間進行應力釋放使其下降變為平整，將縫隙平均鑽孔並填入 AB 膠後使用水泥砂漿修補勾縫。

四、本研究所使用設備與材料：

本研究所使用的材料整理名稱、數量、及照片列表(表 1)說明其用途。

表 1 材料用途說明

名稱	數量	圖片	用途
(一) 刮刀	5 支	 圖 4 刮刀	(1)清除黏膠面 (2)填補地磚邊縫
(二)AB 膠	1 組	 圖 5 AB 膠	(1) 將破裂地磚黏好 (2) 將 AB 膠灌入孔中使地磚僅密貼合地板
(三)槌子	3 支	 圖 6 槌子	把地磚四邊未掉落的硬化黏著劑敲除

(四)灌注器	10 支	 圖 7 灌注器	將 AB 膠抽進針筒裡，再由針筒灌入鑽好的孔位中，使 AB 膠能受壓力灌到地磚縫隙中
(五)圓鋸機	1 台	 圖 8 圓鋸機	將地磚與地磚間的邊縫割開，讓膨起的地磚達到減壓的效果
(六)電鑽	1 台	 圖 9 電鑽	始用混凝土鑽頭將做好記號的孔位鑽孔好讓 AB 膠能灌入
(七)水泥砂漿	兩桶	 圖 10 1:1 水泥砂漿	將減壓後而掉落的地磚灰縫用水泥砂漿將縫隙填補近而達到平坦

五、實作過程：

- (一) 案例 A: 工法；地點: 建築科館後方；面積大小: 25600 平方公分；地磚尺寸: 40*40cm；
膨拱總塊數: 16 塊。

步驟一: 勘查現場膨拱狀況



圖 11 施工現場評估圖

- 說明: 1. 黃色虛線為刮刀打出縫隙處
2. 紅色實線為膨拱面積的長寬

步驟二: 將地磚隆起的最上緣用刮刀打出縫隙



圖 12 施工現場圖

- 說明: 黃色虛線為刮刀打出縫隙處

步驟三:把所有隆起的地磚拿起來再將地面碎屑清理乾淨

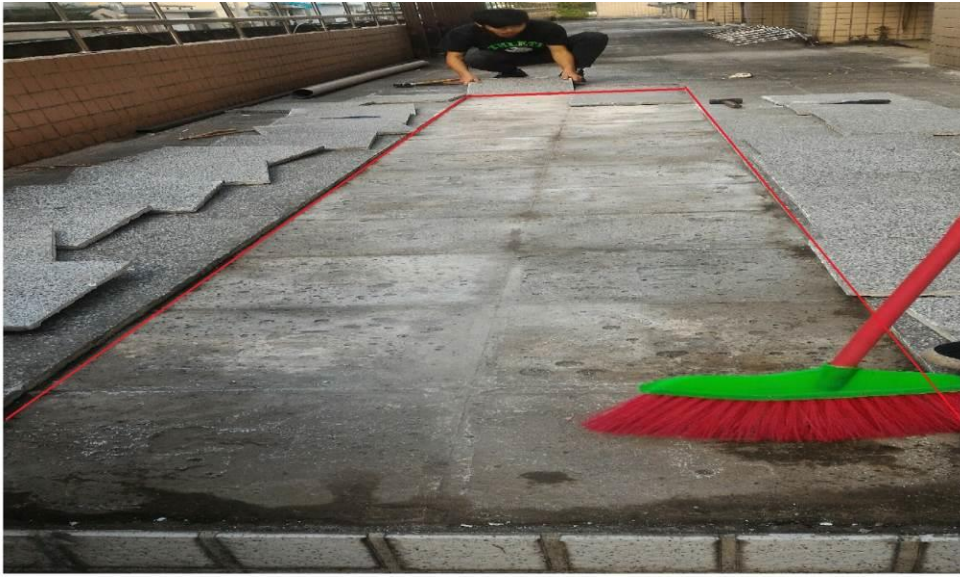


圖 13 清除現場圖

說明:紅色實線範圍為地磚膨拱處

步驟四:我們將每一塊地磚的四個邊用刮刀把已硬化的黏著劑刮除



圖 14 敲除黏著劑圖

步驟五:將黏著劑打掉後把地磚一一拼起來，但在拼回的過程中會有兩成的風險破裂



圖 15 拼回地磚圖

說明:紅色範圍為地磚破裂的區塊

現場損壞結果:

完整地磚:14 塊

破損地磚:2 塊

實作結果:案例 A 使用的工法為傳統做法，但會有兩成的地磚會破裂所以必須購買修補材料，破裂的原因是因為熱應力的影響導致地板面積縮小而沒辦法完整的放入地磚，建議此方法不適用。

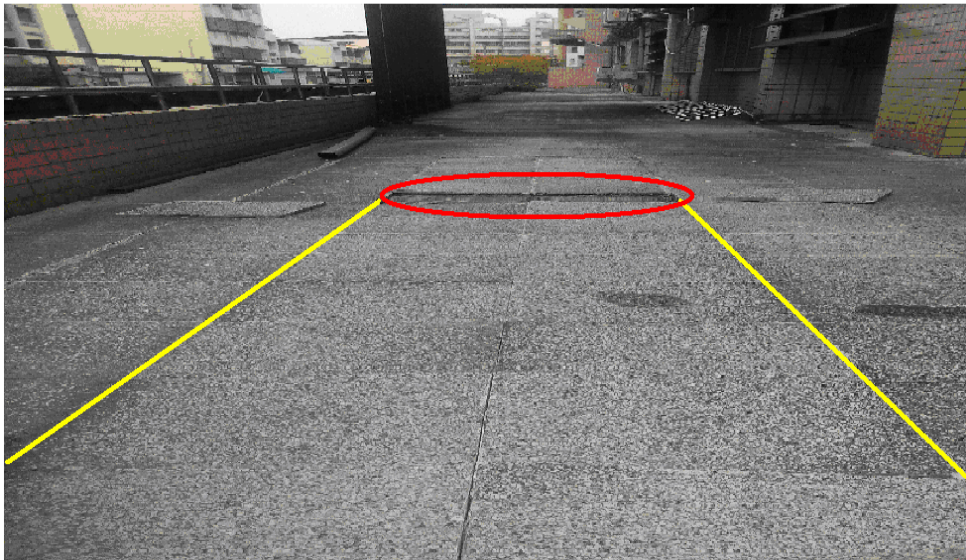


圖 16 實作問題改進圖

說明:1. 紅色圈內為地形受擠壓放不進去的區域

2. 黃色粗線兩側地磚為成功放入的區域

(二)案例B:減壓工法;地點:建築科前方;面積大小: 42300 平方公分;地磚尺寸:10*10cm ;
膨拱數量:423 塊。

步驟一:勘查現場地磚膨拱狀況再進行施工



圖 17 施工現場評估考量示意圖

說明: 圖 17 紅色圈為膨拱位置

步驟二:找出地磚隆起最高處，用圓鋸機將其縫隙割除讓地磚進行減壓



圖 18 割除地磚縫隙圖

說明: 圖 18 黃色線為減壓縫隙



圖 19 割除後的減壓縫隙詳圖

圖 19 紅色粗線左側為割完後的減壓線條

步驟三:地磚減壓後再將周圍縫隙清除，再以電鑽將縫隙平均鑽孔

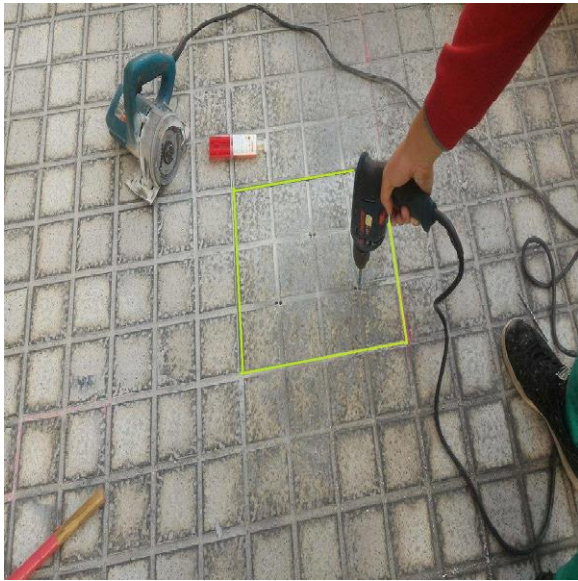


圖 20 將縫隙平均鑽孔試驗圖



圖 21 灌注孔詳細位置圖

說明:1. 圖 20 黃線範圍內為鑽孔試驗位置

2. 圖 21 圈內為鑽孔位置

步驟四:將每個孔灌注 AB 膠



圖 22 灌入 AB 膠詳細位置圖

說明:紅色箭頭指向為灌注 AB 膠

步驟五:將減壓後的割縫用 1:1 的水泥砂漿填補



圖 23 水泥砂漿圖

說明:紅色框內為水泥砂漿填補位置



圖 24 實作完工圖

現場損壞結果:

完整地磚:423 塊

破損地磚:0 塊

實作結果:案例 B 使用的工法為減壓工法，使用圓鋸機割出減壓線總共切割了三條，使膨拱位置能達到減壓下沉，此作法達到了省時的效果，而地磚的破裂也大幅降低

(三)案例 C 工法:減壓工法，地點:建築科前方左側，膨拱面積大小:42300 平方公分，磁磚尺寸:10*10 公分，膨拱塊數 423 塊

步驟一:勘查現場地磚膨拱

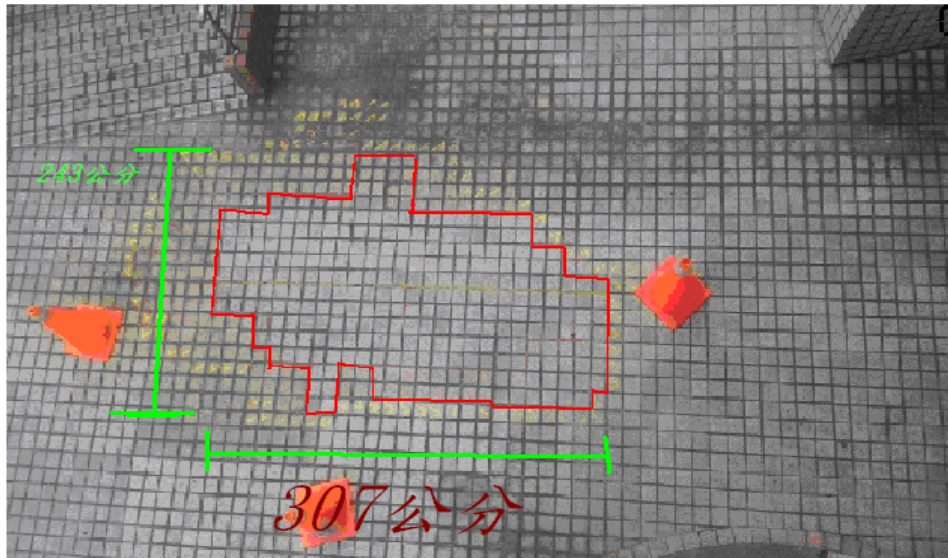


圖 25 分辨膨拱狀況示意圖

說明:紅色記號線內為全空心狀態、黃色部份為半空心狀態

步驟二:找出地磚隆起最高處，用圓鋸機將其縫隙割除讓地磚進行減壓



圖 26 割除地磚縫隙圖

說明:紅色標記線為割除地磚縫隙之減壓線

步驟三:使用噴漆點出灌注孔位置

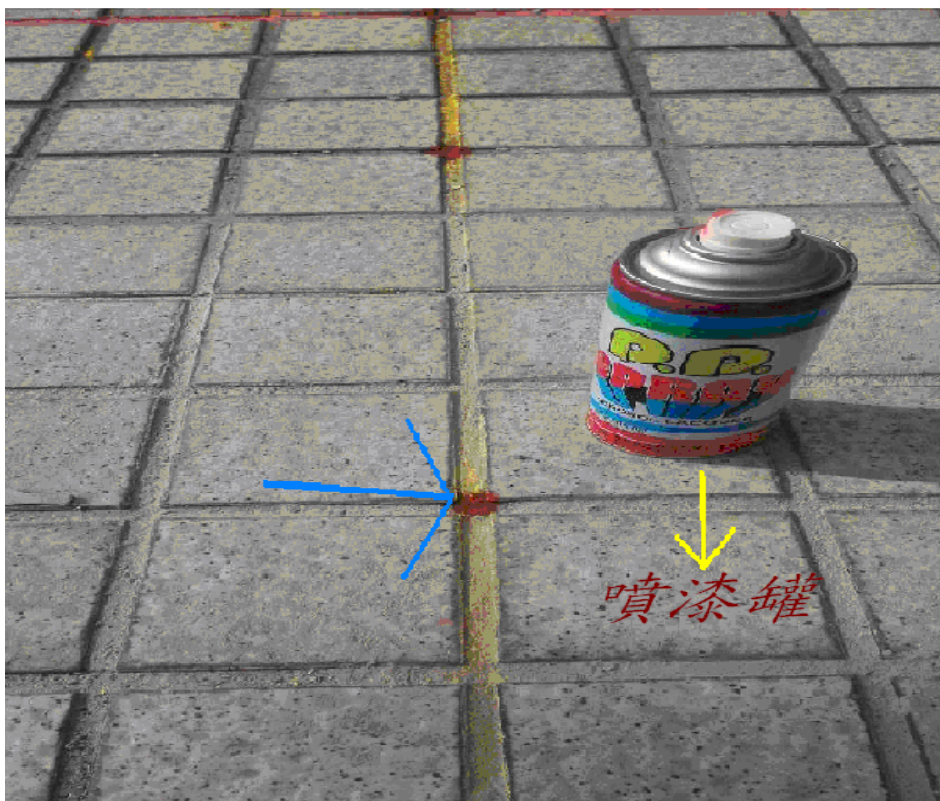


圖 27 鑽孔位置圖

說明:藍色箭頭所指的紅色點位為鑽孔點位，每 4*4 格噴一點

步驟四:地磚減壓後再將周圍縫隙清除，再以電鑽將縫隙平均鑽孔。

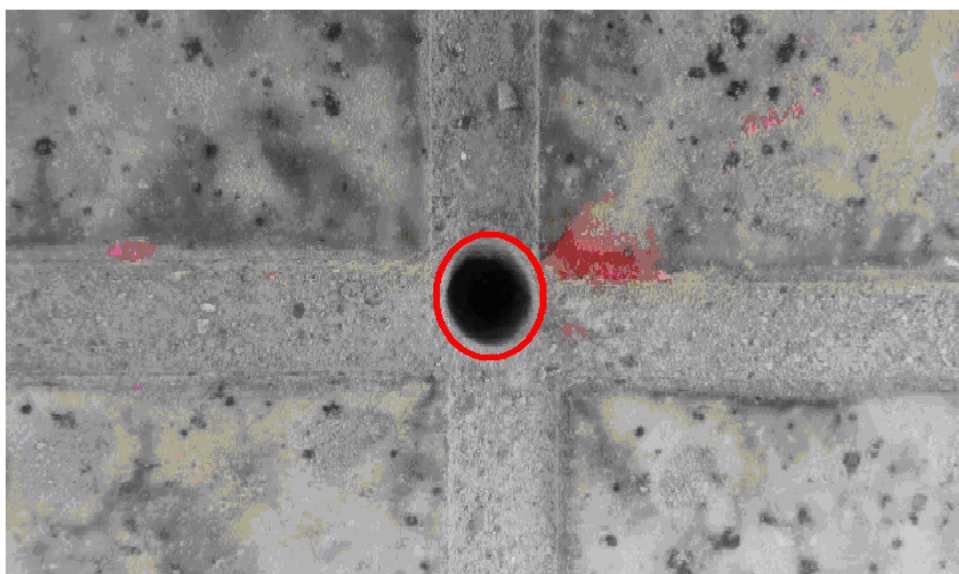


圖 28 鑽孔圖

- 說明:
1. 紅色圈內為鑽孔後的灌注孔
 2. 圈內孔徑為 8mm

步驟五:將每個孔用灌注器灌入 AB 膠

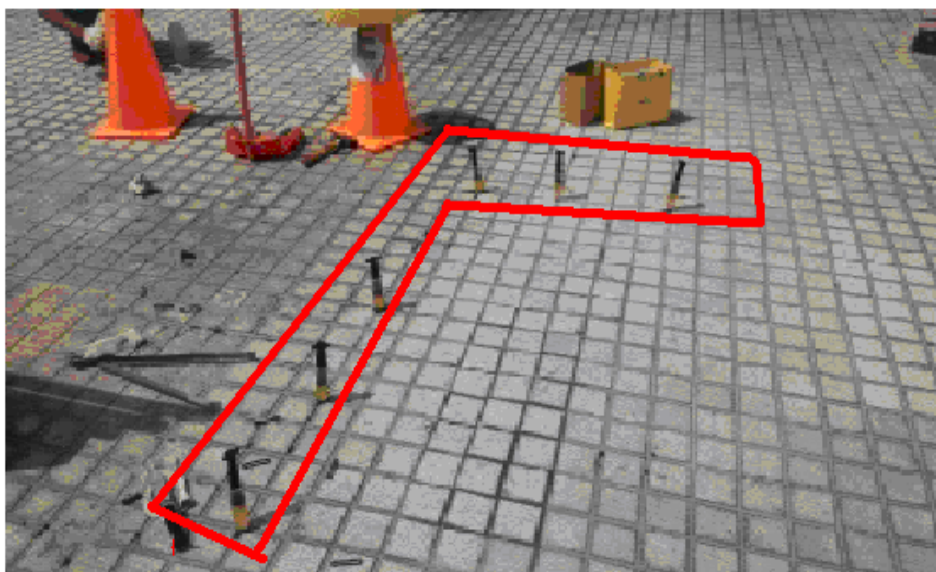


圖 29 灌注 AB 膠圖

說明:紅色實線區域內為 AB 膠灌注區

步驟六:將減壓後的割縫用 1:1 的水泥砂漿填補

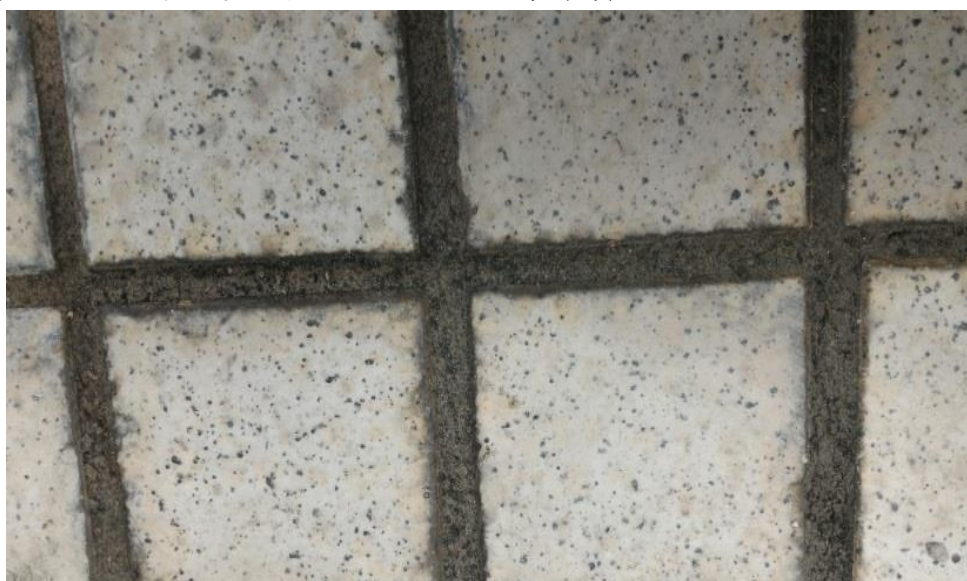


圖 30 填補水泥砂漿圖



圖 31 完成圖

現場損壞結果：

完整地磚:531 塊

破損地磚:1 塊

實作結果：

案例 C 使用的是減壓工法，因為地磚灰縫較大所以再切割的時候地磚不容易破裂，而且施工時間短和不用更換新磁磚，再此建議此方法試用

肆. 研究結果

案例 A 花了兩個禮拜的時間，把原本隆起的地磚上緣打出縫隙，方便整塊拿起並用刮刀敲掉四邊舊有的黏著劑使地磚可以騰出空隙拼回原本平坦的樣子，但我們在拼裝回去時，十塊地磚已經破了兩塊，因地磚膨拱為地震及熱脹冷縮所造成，原本地面的空間遭受擠壓錯位，所以不一定每塊都能完好的拼回去，在首次施工時必須要預先準備修補地磚的備用材料，不然修補時會不易尋找相同材料來施作(註五)。

案例 A 使用傳統工法的施作過程中，若拆除的地磚無法完整拼裝回去時，應該使用圓鋸機割出受擠壓的縫隙寬度，讓地磚能完全貼平(如圖 32 所示)



圖 32 傳統工法改進示意圖

- 說明:1. 紅色線為圓鋸機割除線(用來增加右方地磚貼入的空間)
2. 黃色圈內為地板受擠壓而突起的縫隙

案例 B 花了三天的時間修復完成，使用圓鋸機減壓，施工現場膨拱面積較小，所以縮短了許多施工時間，完工時地磚也完全沒有破裂的情況，這項作法也讓地磚破裂的風險大幅降低。

案例 C 花了一個禮拜的時間，把膨拱面積中最大塊的部分修復完成，也使用了灌注器將 AB 膠注入原本膨拱的地方，讓 AB 膠能注入地磚與地面間微小的縫隙，達到原本與地面黏合且平坦的狀態。以下條列為說明 3 個案例之間的差異：

3 個案例的施工成效列表比較如下(表二):

表二 本研究案例施工成效比較表

項目 \ 案例	A	B	C
	(傳統工法)	(減壓工法)	(減壓工法)
施工時間(小時)	336	72	120
材料費用(元)	約 500	約 1200	約 2800
面積大小(平方公分)	25600	42300	53200
尺寸(cm)	(40*40)	(10*10)	(10*10)
磁磚修復範圍(塊)	16	423	532
破損塊數(塊)	2	0	1
灰縫切割線(條)	無	2	6
地磚灰縫(公分)	0.2	1	1
成效評估	尚可	非常佳	佳

案例 A、B、C 施作過程所發現的差異性：

1. 案例 A 因為灰縫較細，所以較難使用減壓做法，才改用傳統方式，則案例 B、C 因灰縫較寬所以能使用圓鋸機快速減壓。
2. 案例 A 雖然開銷小但耗時，且磁磚破裂風險大不易拼回，所以本研究不建議此做法。
3. 案例 B 和 C 使用了圓鋸機減壓讓膨拱最高處地磚快速下降，破裂風險也變小，達到了省時的效果。
4. 案例 C 因為膨拱面積較大時間相對也較長，本研究建議大面積修復時運用「減壓工法」較為快速。
5. 案例 B 和 C 皆使用圓鋸機切割灰縫，其中案例 B 切割兩條灰縫線，因為案例 B 面積小所以進行十字切割時比較容易達到減壓效果。案例 C 切割六條灰縫線，因為案例 C 面積較大所以進行十字切割時，必須每隔兩條灰縫之間再增加切割一條橫線，以達到快速減壓的效果。

伍. 討論

一、實作問題：

1. 實驗過程中有許多不可預期的問題，例如：不小心在敲除黏著劑時將地磚打裂、無法敲除減壓縫隙而損壞工具、將地磚拼回時不小心造成破裂以及地磚因地板錯位而無法完整貼入…等等，都是我們曾遭遇到的困難。
2. 案例 A 施作前預期將地磚四邊硬化的黏著劑敲掉後，地磚能平坦地放入原本的位置，但實際情形卻因地面的變形，使得地磚無法全部完整的放回原本的位置，因此使用圓鋸機割除地磚縫隙的水泥砂漿，讓地磚有多餘的空間進行熱應力釋放，未能達成原先預設不破壞地磚的修復方式。
3. 案例 B 的實作與案例 A 是不同的地點，地磚種類也跟案例 A 的地磚不一樣，案例 A 當中遇到最大的問題就是沒有使用圓鋸機，也因為案例 B 的地磚灰縫大了 0.8 公分，割灰縫時也相對比較好施工，案例 B 的實作沒有使用 AB 膠灌注器。
4. 案例 C 的實是第三次實作，相對於其他 2 個實作而言，已經比較熟悉施工方法，但因為案例 C 膨拱面積較大，要切割的減壓線也比較多條，造成地磚破裂風險變大，但面積大實使用減壓工法的好處就是省時許多。

二、實作建議：

1. 案例 A 的實作過程中，敲除掉灰縫後無法使地磚坍下來，經觀察後發現掉其原因是因為地面熱脹冷縮及地震後造成地表擠壓變形，使得部分地磚在打掉灰縫後無法完整平貼回復於原地表傳統工法的改進的方式是利用圓鋸機割除凸出來的寬度讓地磚完整貼入地面。而案例 B、案例 C 也使用了圓鋸機，成功將膨拱地磚減壓。
2. 案例 A 當中使用了刮刀和鐵鎚，敲出硬化的黏著劑，但效率不高還會製造噪音。
3. 案例 B、案例 C 使用了圓鋸機，不用再將每塊地磚一一敲除以提高工作效率。

陸、結論

因為傳統方法施工時間長、噪音大，所以我們想出「減壓法」修復地磚的「膨拱現象」，統整其優缺點條列說明如下：

優點：

- 一、經由這三次時做我們得知時作 B、C 是可行的
- 二、材料價格低廉可自行 DIY
- 三、不需購買新的地磚
- 四、時間上以減壓工法最為省時
- 五、使用減壓工法破損塊數大幅減少
- 六、

缺點：

- 一、使用傳統工法破損塊數上會增加
- 二、時間上以傳統工法花的時間較多
- 三、減壓工法不適用於灰縫較小的地磚

柒、參考資料及其他

一、應力定義【註一】，民國 105 年 9 月 13 日

取自：<http://baike.baidu.com/view/2486508.htm>。

二、修哥，熱應力定義【註二】，民國 105 年 9 月 13 日

取自：<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060418000012KK08140>。

三、鴻偉檢測有限公司，膨拱定義【註三】，民國 105 年 9 月 13

取自：<http://www.homewell.tw/04/know4.2.htm>。

四、新麗好磁磚建材博物館，使用益膠泥和海菜粉的不同【註四】，民國 105 年 9 月 21 日 取

自：<http://blog.xuite.net/josephhung0916/twblog/176568531-%E4%BD%BF%E7%94%A8%E6%A8%B9%E8%84%82%E7%9B%8A%E8%86%A0%E6%B3%A5%E5%92%8C%E4%BD%BF%E7%94%A8%E6%B5%B7%E8%8F%9C%E7%B2%89%E8%B2%BC%E7%A3%81%E7%A3%9A%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E4%B8%8D%E5%90%8C%EF%BC%9F>。

五、快速黏縫劑【註五】民國 105 年 9 月 21 日。

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=SqG-UhSr12E>。

六、陳尚民，聚丙稀木塑材在地磚產品射出翹曲變形之模流分析，遠東科技大學研究所碩士論

文，2014 年。

七、陳耀如·洪國珍·劉叔松著，工程材料 I，旭營文化出版社。

八、李偉麟著(2004 年 09 月 11 日)，磁磚施工留意熱漲冷縮，蘋果日報。

九、劉楨業 梁智信 翁榮洲 張奇偉 鄭振定，鄭華編著混凝土結構物修補技術指引。財團法人中興工程顧問社。

