

建築物外牆磁磚劣化目視診斷模式之研究

江立偉* 郭斯傑** 張智元***

關鍵字：外牆磁磚，公共安全，目視診斷，健診機制

摘要

台灣約自 1981 年建築業開始蓬勃發展，至今多數建築物屋齡已逾 30 餘年，因老舊及缺乏維護而導致近年來建築物外牆危安事件頻傳，新聞較常聽到的包括磁磚剝落、廣告招牌掉落及外牆管線崩落等影響公共安全事件。然而回顧國內維護管理相關法令後，並無一套完全針對外牆公共安全事件管制的法令，為因應層出不窮的危安事件，國內亟需一套完整的建築物外牆診斷機制與方法防範相關社會危安事件擴大發生。

本研究旨在研擬建築物外牆磁磚公共安全目視診斷檢查方法，及就診斷結果進行公共安全危險分級，並提出建議更新整建內容。透過台北、台中及高雄共計 118 個案例實地調查後，本研究建立「建築物外牆磁磚 D.E.R 目視診斷評估方法」，以評估建築物外牆磁磚之劣化程度、劣化範圍以及對既成環境公共安全影響為主要內容，並依據評估結果計算各案例狀況指標，進一步提出建築物外牆磁磚公共安全危害分級。最後，本研究提出國內公有建築物與臨主要幹道之私有建築推動強制外牆磁磚健診機制，以降低發生公共安全事故之頻率及可能性。

Visual Deterioration Evaluation for External Wall Tiles of Aged Buildings

Li-Wei Chiang* Sy-Jye Guo** Chih-Yuan Chang***

KEYWORD: External Tiles, Public Safety, Visual Diagnosis, Building Health Check

ABSTRACT

There is a construction boom of the building industry in Taiwan in the 1980's. So far these buildings are confronting the problems of external wall tiles deteriorating. Lack of proper maintenance and regulation requirements of these building external walls and tiles had resulted in public safety concerns. The purpose of this study aims to establish a method for evaluating the significance of deterioration for these building external wall tiles. Base on the levels of deterioration, compulsory external wall tiles renovation and periodic safety checking regulations are then recommended to the government authorities. The DER method developed in this paper concerns three aspects of external wall tiles deterioration. The D stands for degree, and 5 levels of deterioration are defined. The E stands for the extension, in other words, the area of deterioration of the external wall tiles. The R regarding the relevancy for the deteriorated external wall tiles to the public safety. A Conditioning index (CI) is then calculated by the DER method for judging how deteriorated the external wall tiles are. 118 cases of aged building external wall tiles in Taiwan are studied and analyzed. The preliminary results of this study can effectively evaluate the levels of deterioration of these building external wall tiles. Finally, constructive recommendations are made to improve the public safety regarding the huge amount of aged building external walls and tiles in Taiwan.

收件日期：2012.09.10；接受日期：2013.06.05

*國立台灣大學土木工程學研究所博士候選人（通訊作者 E-mail: d99521007@ntu.edu.tw）

PH.D Candidate, Department of Civil Engineer, National Taiwan University, Taiwan

**國立台灣大學土木工程學系教授

Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taiwan

***逢甲大學土木工程學系副教授

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Feng Chia University, Taiwan

DOI: 10.3966/101632122014030087003

一、研究動機與目的

近年來，建築物外牆危安事件頻傳，較常聽到的包括磁磚剝落、廣告招牌掉落及立面管線崩落等，嚴重影響周邊環境公共安全。相關研究統計，國內建築物興建高峰期為 1981 及 1994 年，若以使用 30 年為建築物明顯劣化現象產生為分水嶺，則可預測台灣建築健診高峰需求年度為 2011 及 2024 年（張智元，2006），統計結果顯示，國內建築物已達健診與整建之高峰期（臺灣省政府主計處，1998；內政部營建署，2004）。適逢台灣建築物逐漸邁向老化階段，綜合國內報導磁磚剝落砸傷人車之相關新聞，顯示目前國內亟需一套完整的建築物外牆診斷機制與方法防範相關社會危安事件擴大發生。

在先進國家機制部分，日本國土交通省建築物防災推進協議會以及（財）日本建築防災協會，整合日本許多建築的專業團體推動「建築物如同人一般需要進行健康診斷」的新機制，對象涵蓋建築物內部與外部有關建築結構、建築設備及建築構造等定期檢查。而在發展比台灣早的香港，由於深受因建築物老舊而導致窗戶掉落、磁磚剝落及混凝土崩落的影響之苦，則採取「強制驗樓計畫」推動私有建築物外牆強制每 10 年檢查一次。在美國部分，則規範外牆審查需依據標準認可的檢查技術水準和程式。健診技術部分，日本立面檢測技術發展出包括外觀目視法、打音診斷法、紅外線檢測法、超音波檢測法、反彈槌檢測法、內視鏡檢測法等方法，而在國內學術機關部份亦進行包括立面目視檢測法、利用磁磚拉拔器測試外牆磁磚黏著力、紅外線檢測法、立面熱顯像儀檢測等相關文獻與理論研究，惟多屬單純之試驗探討，尚未出現技術資料彙編及匯集整理成一完善分析模擬方式與成效評估準則，以致對於建築物外牆檢測的成效無法量化，造成實務上對於部分立面附置物或磁磚仍未有一定參考標準或依據。

因此，為有效推動建築物外牆更新健診與評估系統之研究，應有相關配合之實證結果方式與評估準則給予實務界參考，本研究期能透過國內外資料彙整及

相關實證檢驗研究，提供建築物外牆磁磚更新診斷時參考依據與評估方法。

二、文獻回顧：國內外外牆健診制度、技術與磁磚劣化成因

主要回顧國內外建築物健康診斷與定期檢查制度，包括外牆磁磚健診與維修相關技術，進一步瞭解國內外對於建築物外牆磁磚公共安全、公共景觀規範及診斷方法技術，並且蒐集外牆磁磚劣化因素分析，以求擬定外牆磁磚診斷評估依據參考。

2.1 國內外建築物健診法規制度

國內目前並不像其他國際先進國家有頒布針對「建築物外牆」特別制定的相關法令，但回顧有關於「維護管理」的相關法令後仍能尋找到一部分的相關內容，國內建築物使用管理與營運維護等相關法令，主要管轄機關分散在不同部會間（表 1）。

表 1 中營建署主管的「建築物公共安全檢查簽證及申報辦法」內容與本研究最直接相關，但環顧其檢查項目後，發現僅包含「防火避難設施類」與「設備安全類」，缺乏檢查影響公共安全、市容觀瞻的外牆附置物類。2011 年公布的住宅法，其法條內容中要求為促進住宅品質之提升，主管機關得定期舉辦居住環境改善之評鑑，以及為提升住宅品質及明確標示住宅性能，應訂定住宅性能評估制度，鼓勵住宅之興建者或所有權人申請評估，但依據國內目前推動之住宅性能評估制度，內容並未涉及有關於外牆磁磚維護管理事宜，顯示外牆磁磚劣化雖危害公共安全，但目前並未有針對外牆磁磚劣化檢查的專部法令。

在國外檢查制度部分，據香港屋宇署（2011）調查顯示，香港約有 39,000 幢私人樓宇，其中 13,000 幢樓齡達 30 年以上。在未來 10 年，這個數字會增至 22,000。因此，香港屋宇署全面推動「強制驗樓計劃」，對象包括屋齡 30 年以上住宅、多用途建築物；檢查項目包含外牆構件及其他實體構件、結構構件、排水系統、消防安全構件等，檢查週期為屋齡達 30 年以上者每 10 年檢查一次。除此之外，由於窗戶掉落事

表 1 建築物使用管理與營運維護相關主管機關與法令名稱

主管機關	法令名稱	管理說明
行政院	中央預算-共同性費用編列標準表	辦公室翻修預算編列基準
經濟部	電業法、電力設施空氣污染物排放標準	電力檢修、發電機排煙管理
勞工安全委員會	鍋爐及壓力容器安全規則、缺氧症預防規則、勞工作業環境測定實施辦法、勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準	使用操作與維護之安全規範
原子能委員會	放射性污染建築物事件防範及處理辦法、放射性污染建築物拆除重建評定作業要點	主要係針對輻射鋼筋污染建築物之處理
內政部 營建署	建築法、建築物公共安全檢查簽證及申報辦法、建築物室內裝修管理辦法、建築物昇降設備設置及檢查管理辦法、建築物機械停車設備設置及檢查管理辦法、國民住宅社區管理維護辦法、防空避難設備管理維護執行要點、公寓大廈管理條例、公寓大廈管理服務人管理辦法、舊有建築物防火避難設施及消防設備改善辦法、建築物時施耐震能力評估及補強方案、室內空氣品質管理法、住宅法、景觀法(草案)	1. 結構耐震評估方案(89年6月核定)仍未推動立法。 2. 景觀法草案：公共設施設備、廣告招牌、屋頂、外牆附置設施、違章建築。 3. 室內空氣品質管理法係100年11月23日公布，一年後施行。 4. 住宅法係100年12月30日公布，一年後實施。
消防署	消防法、各類場所消防安全設備設置標準	建築物消防設備檢查
環境保護署	水污染防治法、飲用水管理、飲用水設備維護管理辦法	房屋廢水排放與飲水機管理
各目的事業主管機關	身心障礙者保護法(第56條,第3項)	無障礙設施之設置要求
台北市政府	台北市高氯離子混凝土建築物善後處理辦法、臺北市都市更新整建維護實施辦法	1. 有關海砂屋問題之處理 2. 北市整建維護俗稱老屋拉皮
高雄市政府	高雄市政府實施都市更新獎勵建築風貌及環境景觀改造補助方案	高市整建維護俗稱建物挽面

資料來源：黃世孟等，2010，本研究整理

件頻傳，香港政府另外擬定針對窗戶的強制檢查機制，以因應逐年劣化的香港建築物與設備(表2)。

日本國土交通省建築物防災推進協議會及(財)日本建築防災協會，結合日本許多建築專業團體，包括日本建築設備升降機中心、日本建築中心、日本建築士會聯合會、日本建築士事務所協會聯合會、日本建築設備維護保全推進協會、日本建築行政會議、日本建築防火協會等，共同推展「建築物如同人一般需要進行健康診斷」的新機制。需要健康診斷的項目，包括建築外牆的安全性、特殊建築物的定期調查報告、建築設備的定期調查報告、升降機的定期調查報告。尤其，對於地震災害的事前預防與事後診斷，提出許多的策略與辦法，包括任何人均能執行的耐震診斷(問診表)、建築門窗的耐震對策、建築基地圍牆的耐震對策、豪雨時地下室的防災對策(黃世孟等，2010)。

美國 ASTM E06.55「外牆系統性能」審查關於牆

面檢查技術要求和程式的標準。針對外牆檢查的評斷部份，設有專業外牆檢查員之培訓，以因應複雜且細膩的檢查工作。在檢查內容與流程部份，需複閱記載外牆原有檢查報告或修理記錄的外牆維修史料，若缺乏現有立面圖則需繪製立面圖而後執行檢查。檢查內容包括在合適的光照條件下進行目測勘察，和對所選定的外牆部分進行近距離檢查。目測檢查通常用望遠鏡進行，也可用遠攝鏡頭照相機拍攝材料老化的跡象和徵兆，如：裂縫、水漬、剝落、位移等(Petermann & Erdly, 2003)。在芝加哥市則規定樓高80呎或6層以上的建築物，屋主均須向建管單位提交臨街牆身的勘察及維修周年報告(黃世孟等，2008)。本研究針對推廣外牆整建更新工作行之有年且已有初步顯著成果的香港及美國，摘錄綜整有關於外牆磁磚或外牆附加物相關之補助計畫與對象內容如表3所示。

表 2 香港強制驗樓範疇與涵蓋項目

範疇	檢驗涵蓋項目
外牆構件及其他實體構件	外牆 圍牆 豎設在建築物圍牆或入口的手動或電動操作的金屬閘 飾面磚或瓦片、批盪及覆蓋層等外牆飾面 鰭狀飾件、通花柵檔及金屬百葉窗 於外牆或屋頂邊沿的防護欄障、鐵欄、護牆及欄杆 幕牆 天窗 附建物如遮篷、花槽、屋簷、模塑、伸出物、建築特色構築物、晾衣架、招牌、窗簷及附建於外牆的類似構築物
結構構件	柱/牆/樑/樓板 樓梯 懸臂式伸出構築物 荷載轉換構築物 分隔牆及地庫牆 懸掛式構築物 外露的樁帽 其他外露的結構構件
消防安全構件	逃生途徑 消防和救援進出途徑 耐火結構
排水系統	位於建築物外牆的排水系統 公用部分的排水系統 鋪設於共用喉管槽內的排水系統 地底下及地面上的共用排水系統

資料來源：屋宇署，2011

表 3 各國整建更新補助計畫內容

國家	地區/ 計畫名稱	補助對象	補助內容
美國	洛杉磯市	<ul style="list-style-type: none"> 空間有劣化跡象處或外牆附大量違建物或設施 	<ul style="list-style-type: none"> -擬定建築物需修繕工程內容和性質 -解釋維修保養工程涉及的技術問題 -若業主或財團無法在時間內實行工程，將依照法令採取處罰 -協助業主解決問題，促使維護整建工程完成
香港	樓宇維修統籌計畫/ 貸款計劃	<ul style="list-style-type: none"> ● 樓齡二十年以上 ● 大廈沒有收到政府部門發出的修葺令或勸諭信 ● 住宅或綜合用樓宇 ● 願意承擔長期維修管理對象 ● 聘請認可人士落實維修大廈 	<ul style="list-style-type: none"> -改善建物結構問題 -維修破損的立面磁磚或外牆油漆 -消防安全設備改善 -改善建築設備及衛生設施 -斜坡及擋土牆的維修或改善工程 -工程勘測及專業服務 -清除違章建築物或相關的附帶或跟進工程
	樓宇維修統籌計畫/ 物料資助	<ul style="list-style-type: none"> ● 樓齡二十年以上 ● 已列入屋宇署名單內或接獲法定命令 ● 住宅或綜合用樓宇 ● 願意承擔長期維修管理對象 	<ul style="list-style-type: none"> -提供免費專業技術支援意見，協助策劃復修 -內/外牆油漆、排污及沖廁、公共水管、天台防水材料、防火物料及環保推廣物料

資料來源：郭斯傑等，2011a

2.2 建築物強制健診與維修技術之分析

有關於建築物健康的實體健康研究，主要探討包括檢查項目、頻率、標準訂定、劣化度評估、應用技術與管理系統規劃。小林一輔（1998）提出實（試）驗檢測如材料劣化的偏光顯微鏡分析（Polarization Microscope）、X 線回折法、熱分析、EPMA(Electron Probe Micro Analyzer)、走查電子顯微鏡觀察 SEM(Scanning Electron Microscope)與化學分析等。

魚本健人等（2000）則提出結構非破壞性檢測的放射線透過法、超音波法、電磁誘導法、赤外線法與自然電位法等。診斷的執行技術必須用到高度專業性人力、簡易工具、(精密)設備或儀器等，而這些技術也須仰賴如醫學上「病理學」般的專業知識下執行（張智元，2006）。中島和幸（2007）則針對外牆磁磚劣化進行目視檢查時，不同的劣化調查項目有不同的觀察重點（表 4）。

在國內建築物外牆診斷與維護技術研究部份，楊詩弘及粘世孟（2012）透過文獻回顧、問卷調查及 Auto CAD 繪圖軟體貼附照片計算方法，提出針對影響公共安全及公共景觀的建築物外牆評估方法。江立偉（2009）提出類比橋樑 D.E.R & U 目視診斷方法，建立建築物外牆目視診斷評估模式，透過實證操作診斷評估、劣化等級與修繕原則，判斷損壞程度與提出建議，改正建築物外牆因年久失修、劣化而產生的危險。戴佩宜（2008）建立足尺 RC 牆構造，以不同黏貼方式設置不同外牆磁磚，再應用打音診斷法（Tap

Tone Method）進行磁磚黏著情況檢測，欲求得打音診斷法與磁磚黏著強度關係。簡名君（2009）以風險管理觀點出發，強調藉由外牆附置物診斷及監控降低事故發生率。該研究透過文獻分析法、實地調查法、問卷訪談法，整合現況案例與空調冷氣安裝人員問卷及訪談，建立外牆冷氣附置物等級判定之基準，彙整成為劣化等級評估診斷模型。黃克翊（2010）針對高雄透天厝外牆磁磚產生了大大小小不同的劣化情形諸如龜裂、剝落問題進行統計與分析，歸納出高雄市透天厝住宅各年代的磁磚整體劣化行為多以出現龜裂、污損銹斑、剝落及白華為主。除此之外，該研究提供劣化種類與修繕工法對照，歸納同種磁磚重貼工法、另種磁磚重貼工法、雙重壁工法、塗料塗佈工法、外牆洗淨工法，並依據不同的劣化行為提出修繕工法合適的建議。高蔡義（2000）以外牆面磚的劣化因素及劣化位置為研究主軸，提出劣化原因與解決對策。周明正（2006）以貼磁磚 RC 辦公建築為研究案例，針對外牆劣化及外牆附置物，提出改修構法計劃。

在外牆維護管理相關方面劉慶男等（2001）以適法性、安全性及美觀性為考量，探討集合住宅外牆附置物的設置方法。陳昭裕（2001）以「多準則」、「群體決策」及「模糊評量」的方式，應用模糊德菲法（Fuzzy Delphi）及模糊層級分析法（Fuzzy AHP），建構出外牆更新替選方案的評估模式。高弘儒（2009）以外牆整建需求為研究主軸，探討區分所有權人合議過程之因應機制。

表 4 外牆磁磚進行目視調查時之注意位置

調查項目	調查時之重點
剝落、浮起、凸起	當磁磚剝落而產生缺損時，周邊的磁磚也剝落的危險性很高。另外，產生大面積浮起時會有凸起的動作。發現這些現象便需要進行更進一步的調查與診斷。目視調查最重要的是掌握這些狀況。
髒污	需判斷是附著於表面的髒污，或是因磁磚或水泥後面有水滲入而造成的。
潮濕	若是水滲入磁磚或水泥後面而造成磁磚接縫位置產生潮濕的顏色，則有可能已經發生浮起。
生鏽	鋼筋保護層不足所造成之生鏽、開口部鋼製設備的生鏽、廣告塔或招牌固定用鐵件生鏽，這些狀況發生處的周邊磁磚或水泥容易產生浮起的現象，特別要注意磁磚或水泥表面附著了鐵鏽的部份。
白華現象	磁磚表面或接縫處、水泥粉刷表面產生白色析出物時，表示磁磚或水泥後方可能已經產生空隙且有水進入，也就是說有可能已經發生浮起的現象。
裂縫	當建築軀體發生變動、或磁磚後方水泥層等處發生變動時，磁磚與其接縫處、水泥粉刷表面有可能產生裂縫。這些裂縫周邊的磁磚容易產生剝落或浮起的狀況。

資料來源：中島，2007

在外牆改修應用類部分，吳茂村（2002）以外牆磁磚的構件及施工性為研究主軸，建立一整磚修正模式。黃仁威（2010）以直橫料式金屬帷幕牆辦公大樓外牆為研究案例，探討出更新的內容、方式、工法種類及改善建議。

2.3 外牆磁磚劣化成因分析

外牆磁磚由於直接貼著於建築物的外牆表面，經年累月的直接與大自然風、雨、陽光、露水，等現象所接觸，並且伴隨著氣候因素(濕度、溫差、日照西曬)、施工品質、維護管理，於日常使用期間均可能會產生剝(掉)落、膨拱、剝離的狀況（林世堂，1993）。本研

究觀察混凝土粉刷層粉刷完畢後，依序再刷上一層膠泥，此時後續自然風乾(open time)的時間長短很重要，若膠泥快速風乾時，縮短凝結時間，造成磁磚不容易黏貼於外牆，因此，當外牆磁磚產生剝落時，若連帶粉刷層一併剝落，即是黏著劑與粉刷層混凝土間的問題(意指 open time 不足)，若產生磁磚隆起，是為所謂鼓漲現象（表 5），即膠泥與黏著磁磚間的問題。

而影響建築物外牆磁磚劣化因素之面向，經文獻彙整後大致區分為人為因素、施作工法、磁磚材料與其他因素等共計四大面向。圖 1 為本研究歸納後之磁磚劣化因素分析。

表 5 常見磁磚類型鼓漲狀況

45*95 小口磚鼓漲情形	馬賽克磚鼓漲情形	二丁掛磚鼓漲情形	方塊磚鼓漲情形
			

* 鼓漲係指磁磚因壓力擠壓至黏著介面分離，與結構體分離但並未掉落。 資料來源：本研究整理



圖 1 外牆磁磚劣化因素分析

(資料來源：本研究整理)

2.4 文獻回顧小結

有關於建築物外牆相關文獻回顧至今，可發現國內針對建築物外牆磁磚各項研究多屬單項技術資料之彙編或單純之試驗探討，除未能確立整體立面之劣化標準及評估準則外，亦未有針對建築物外牆完整診斷評估之完善分析方式及成效評估準則，以致對於判斷劣化程度產生認知上之落差，該如何修補的成效亦無法量化，造成實務上對於部分構件有提前更換或過度補修之可能性。除此之外，外牆磁磚劣化因素繁雜，亦為無法明確定義劣化標準的主要影響因素，本研究後續將提出不同階段與不同程度別的劣化診斷模式，透過目視操作，期能擬定供實務參考之分析診斷方式與外牆磁磚劣化評估準則。

三、建築物外牆磁磚目視檢測診斷評估方法

3.1 目視診斷評估方法

本研究選擇以目視做為建築物外牆磁磚初步診斷方式，主要原因有三：

- (1) 透過經濟、簡易及快速的檢查方式，有效率的判斷該建築物外牆磁磚安全性與否。
- (2) 目視診斷可定期檢測，依量化數據持續維護追蹤，決定修繕優先序位。
- (3) 目視診斷評估僅針對劣化者進行初步評估，簡化診斷流程與評估表。

本研究引用「臺灣地區橋梁管理系統」所採用之 D.E.R & U 評估法(曾志煌等, 2011)。D.E.R & U 評估法對每一個檢測項目依「劣化程度 (Degree)」、「劣化範圍 (Extent)」以及對橋梁安全性與服務性的「重要性 (Relevancy)」，分別給予 0 ~ 4 之評分，再針

對該劣化構件需維修之「急迫性 (Urgency)」加以評定，如果評估值為 0 時，表示「無此項目」；範圍為 0 時，表示「無法檢測」；重要性為 0 時，表示「無法判斷」(表 6)。

雖然橋樑目視檢測主要針對結構體，而建築物外牆磁磚則是非結構體，本研究認為橋樑檢測與安全評估並不能全盤移植使用。本研究探討的外牆磁磚，僅以黏著劑緊附等方式固定，若在平常剝落或掉落，可能砸傷行經路人與車輛，若在地震或颱風等天災來臨時，其影響範圍恐怕更為擴大。以脆弱性而言，外牆磁磚比橋樑脆弱許多，因此引發公共安全危機的可能性也更高。而橋樑之破壞除受天災造成外，一般平時日子也有可能發生，故搶修較易執行，如搶修不及亦可規畫替代道路代行。至於建築物外牆磁磚，則與橋樑雷同，即便沒有天災破壞亦可能因自然劣化與人為問題造成威脅，因此例行維護更顯重要，也就是預防重於事後搶修的概念。

基於上述種種異同，本研究探討之檢測作業項目、頻率、劣化分級、評估表單等亦也有所不同，安全評估主要之考量亦有很大差異。但目視檢測主要透過眼睛可及之範圍操作檢查動作，針對現況診斷問題與劣化程度為何，並非去體檢各個構件之內部結構安全性，因此本研究認為精神與邏輯上具有轉化其檢查方式之可行性。

外牆磁磚目視診斷劣化狀況，以磁磚剝落及建築外牆結構體之關係判斷對於公共安全有無立即性危險。一般而言，外牆結構可區分為結構保護層、粉刷層、黏著層及磁磚。磁磚初步產生變色現象時，可推估將有可能產生剝落現象，因此定義為劣化程度 1，依循此架構，則可分類為磁磚已剝落至粉刷層(膨脹

表 6 D.E.R & U 評估原則

評估原則	判定內容				
	0	1	2	3	4
D	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損壞
E	無法檢定	< 10%	< 30%	< 60%	<
R	無法判定重要性	微	小	中	大
U	無法判定急迫性	例行維護	3 年內	1 年內	緊急處理維修

資料來源：曾志煌等，2011

亦可視為已剝離粉刷層)，粉刷層已剝落可見結構保護層及結構保護層已破壞四種狀況，藉著對外牆體不同的破壞程度予以判斷劣化狀況（如表 8 所示）。

在劣化範圍部分，係依據外牆磁磚可能產生的劣化狀況，其之於該立面外牆總面積的百分比，做為判斷劣化範圍之標準。簡言之，本研究統計剝落之面積，比上該面外牆總面積後，計算其劣化面積占總面積的百分比，作為判斷劣化範圍原則，如此便可統計出整棟建築物外牆磁磚劣化範圍，並藉由案例的蒐集累積資料庫，推估再度發生劣化之可能性。經本研究觀察 118 案例以 CAD 軟體統計後，發現劣化範圍多落於 4%~18% 之間，為有規律的判斷與辨識，本研究將其定義於 0% 至 15% 之間，並區分為 5 級距（表 9）。

公共安全性影響評估部分，本研究以行經路人影響程度、建築物樓層高度及臨路寬度作為評估公共安全性影響之依據。若檢測員評估時，原則上若符合其中一個要項，即便未與其他兩項依據相符，亦可將其定義影響之等級。實際評估時，檢測員尚須觀察行走動線是否鄰近騎樓，以及人行道寬度是否便於行走，或建築物是否有退縮等考量一併納入檢討。舉例言之，若現況有騎樓，人行道寬度低於 2 米且大部分路人均行走於騎樓內，則可調整公共安全性影響較輕微。也就是說，用路人之習慣與建築物周邊環境現況對於公共安全性影響評估至深，檢測員進行評估時除本研究制定之評估面向外，仍須以實際狀況調整公共安全性影響之等級（表 10）。

當檢測人員到達檢測現場實際評估時，可能因對於劣化認知程度不一，而產生不同判斷定位的可能性。因此，必須透過淺顯易懂的準則與規範，並實施

培訓與課程教學，確保每一位檢測者對於劣化程度認知盡量統一，而不致產生檢測者對於建築物外牆磁磚劣化程度判斷認知落差。

本研究參考國內「震災後危險建築物緊急鑑定作業基準」、「橋樑目視檢測評估標準」相關研究及其它轉化 D.E.R & U 目視評估法之構造物標準擬定方式，經比較優缺點後，採用以圖示、文字具體描述及圖片等方式做為劣化標準之表達形式，以簡單易瞭解的說明輔佐，協助未來每一位檢測者在判斷劣化程度時之衡量基準盡量統一。

本研究透過蒐集 118 棟建築物做為案例訂定劣化標準，將其整合、歸納、比較每一案例劣化的現況，分類不同程度的劣化標準，並以照片中每種劣化情形以比例估算原則進行質性的定義。同時將最具代表性之圖片安插於劣化標準表格旁，強化檢測者對於該檢查因子劣化的認識。在標準訂定後，本研究透過對於建築物外牆目視診斷有經驗之研究者，共同以本研究所指定之劣化準則實際評估操作，透過溝通討論的方式，再回頭修正本研究指定劣化準則的內容與標準，盡量達到客觀原則，減少落入研究者主觀的偏差。

在目視診斷的邏輯與精神上，本研究採用之橋樑之 D.E.R & U 目視檢測法，因橋樑構件繁多，D.E.R & U 之「Urgency」意義主要在於目視檢測的過程中，判斷各構件之維修急迫性，避免造成整體狀況指標計算良好，無法發現潛藏危險性之構件。本研究對象主要為建築物外牆磁磚為單一構件，透過計算狀況指標後方可判斷是否需進行整建或修繕，而「U」在狀況指標中較不具實質意義，因此本研究將調整 D.E.R & U 為 D.E.R（表 7）。

表 7 建築物外牆磁磚目視診斷評估標準表

	0	1	2	3	4
D	正常	色差、白華、吐黑	膨脹或磁磚已剝落 可見外牆粉刷層	粉刷層已破壞 保護層未破壞	保護層已破壞
E	0%	1-5%	6-10%	11-15%	16% 以上
R	不對行經路人造成影響 臨接道路 1M 以下	少數特定人使用 臨接道路 1~2M	少數不特定人使用 臨接道路 2~6M	多數特定人使用 臨接道路 6~12M	多數不特定人使用 臨接道路 12M 以上
	0~1 層建築物	1~3 層建築物	4~6 層建築物	7~9 層建築物	10 層建築物以上

備註：檢測員需特別注意建築物立面轉角處（如外露結構）、開口部、女兒牆、陽台、附加物牆面固定處（如廣告招牌或雨遮），此為磁磚較易產生破壞之位置。

為降低各檢測者之間認知落差，本研究除透過文字說明劣化情形外，另以照片補充說明不同劣化等級

之差異，協助未來檢測者判斷劣化程度。判斷說明如表 8~表 10 所示。

表 8 D (Degree) 劣化程度示意表

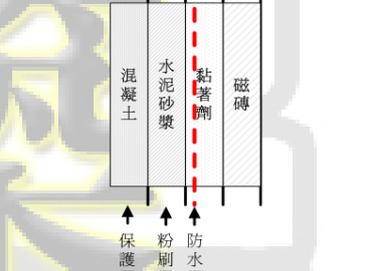
等級0 (正常)	等級1 (色差、白華、吐黑)	等級2 (膨脹或磁磚剝落成可見外牆粉刷層)
		
等級3 (粉刷層破壞保護層仍在)	等級4 (保護層已破壞)	建築物外牆磁磚構成剖面示意圖
		

表 9 E (Extent) 劣化範圍示意表

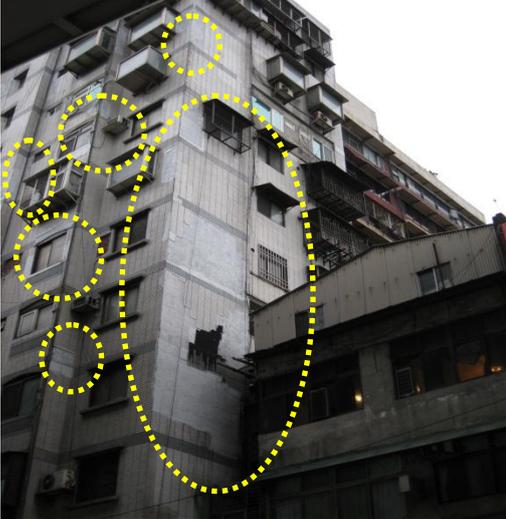
等級0 (0%)	等級1 (1-5%)	等級2 (6-10%)
		
等級3 (11-15%)	等級4 (16%以上)	
		

表 10 R (Relevancy) 對建築物外牆公共安全性影響

等級 0			等級 1			等級 2		
不對行經路人造 成影響	0~1 層 建築物	1M 以下	少數特定 人使用	1~3 層 建築物	1~2M 以下	少數不特 定人使用	4~6 層 建築物	2~6M
								
等級 3			等級 4					
多數特定人使用	7~9 層建築物	6~12M	多數不特定人使用	10 層建築物以上	12M 以上			
								

3.2 實證案例基本資料

本研究挑選台北、台中及高雄主要幹道上兩側建築物外牆磁磚案例進行實證分析，包括：(1) 台北市地區的外牆劣化案例 64 件、(2) 台中市地區的外牆劣化案例 30 件、(3) 高雄市地區的外牆劣化案例計 24 件，共計 118 件的外牆劣化案例進行分類與探討。目的在於實際操作本目視診斷評估方法可行性與驗證其成效。在實證研究過程中，將依據實證結果調整本研究所設計之劣化標準及其他相關資料。

在蒐集案例的過程當中，首重於建築物基本資料的完整調查，其目的在於瞭解過往修繕經驗加強大樓管理的知識累積，甚至未來進行建築物外牆定期診斷時，實質及非實質的建築物基本資料調查，配合法治化的強制定期檢查內容，詳細紀錄於建管單位之系統內，除了可定期追蹤外，亦可供日後維修人員之參考。並可藉以統計手邊案例資料，推導出不同類型案例的特性與分佈狀況。以下說明本研究蒐集案例部分特性。

本研究案例中建築物的屋齡分佈，共 19 件的屋

齡資料暫時無法取得，占總數一成八；餘 99 件案例的統計分析後，其屋齡分佈 20 年以上占總數近七成（圖 2）經統計結果可歸納屋齡 20 年以上之對象發生磁磚劣化的比例較高，但磁磚劣化成因繁多，包含自然、人為或工法等因素，故本研究推論屋齡 20 年以上建築物因建築生命週期緣故，其外牆磁磚較易發生劣化現象；至於建築物樓層比例大致上可區分為四個等分，包括：(1) 1 層樓至 3 層樓計 13 件，占總數一成二；(2) 4 層樓至 6 層樓計 38 件，占總數三成二；(3) 7 層樓至 9 層樓計 16 件，占總數一成四；(4) 10 層樓以上計 44 件，占總數四成三（圖 3）。

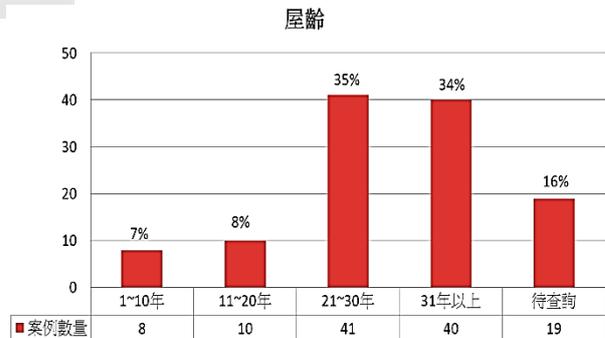


圖 2 本研究實證案例屋齡分佈狀況

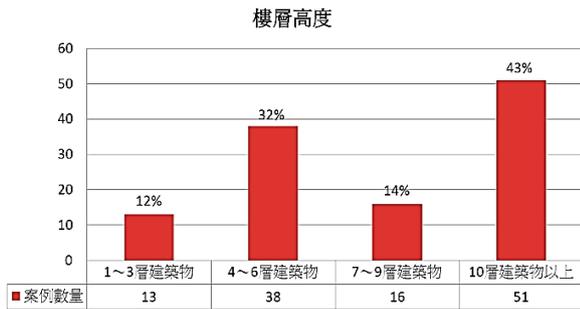


圖 3 本研究實證案例樓層高度分佈狀況

本研究蒐集案例的外牆劣化現象予以分類，包括：(1) 剝落、(2) 髒汙、(3) 浮起凸起、(4) 裂縫、(5) 潮濕、(6) 白華、(7) 鏽水，其現象對於本研究蒐集之案例總數，產生剝落現象者比例為八成九；髒汙現象者比例為七成四；浮起凸起現象者比例為六成二（圖 4）。研究案例中磁磚的劣化部位包括：(1) 轉角處、(2) 開口部、(3) 女兒牆、(4) 陽台、(5) 附加物牆面固定處、(6) 外露結構、(7) 雨遮，其中以轉角處最多，比例為七成五；次為開口部，比例為六成二；再者為女兒牆，比例為三成三，目前本研究蒐集案例當中，以磁磚剝落及磁磚、浮起及髒汙劣化情形最為嚴重，劣化部位的部分多以轉角處、開口部、女兒牆及陽台最為嚴重，而轉角處多處於幹道交接位置，對於公共安全影響最甚。（圖 5）。

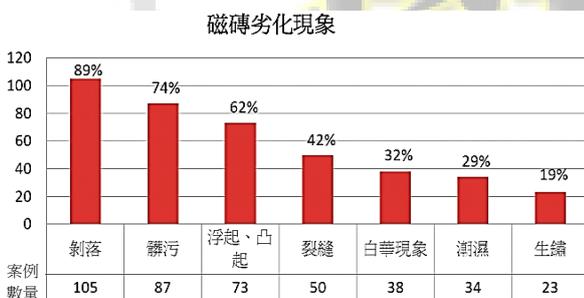


圖 4 本研究蒐集案例磁磚劣化現象

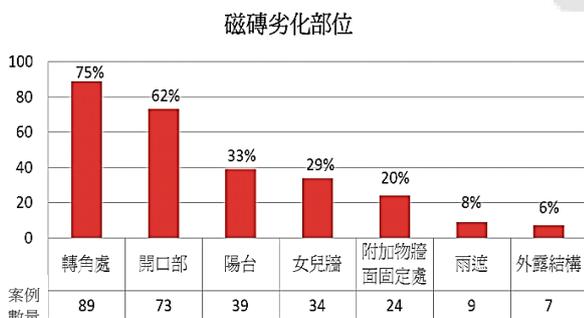


圖 5 本研究蒐集案例磁磚劣化部位

3.3 建築物外牆磁磚案例目視檢測結果

在劣化等級判別的部分，依據本研究所擬定之建築物外牆磁磚劣化標準及目視診斷觀察重點，針對每面外牆之磁磚「劣化程度（Degree）」、「劣化範圍（Extent）」以及對行人安全性的「重要性（Relevancy）」，分別給予 0 ~4 之評分。透過上述該些資料，針對台北、台中及高雄共 118 個案例進行目視檢測磁磚劣化狀況。在建築物外牆磁磚目視診斷評估過程中，由於影響行人安全具有急迫性之需求，因此本研究主要針對行人有明顯公共安全影響之立面，以及對於公共安全影響層面最大的該向立面進行目視評估，並輔以檢測員意見納入評估建議。本研究針對調查之 118 個案例外牆磁磚 D.E.R 目視診斷評估結果內容進行分析，在劣化程度（D）分佈部分，案例多出現於劣化程度 2，是為粉刷層剝落，保護層未剝落。在劣化範圍（E）分佈部分，案例多出現劣化範圍 1，是為 1~5%，在建築物外牆公共安全性影響（R）分佈部分，案例多出現安全性影響 4，是為滿足「多數不特定人使用」、「10 層建築物以上」或「臨接道路 12M 以上」三個條件其中一個條件。至於平均值部分，在 D 的部分平均值為 2.02，E 之平均值為 1.82，R 之平均值為 3.49。由於本研究蒐集案例多為幹道周邊之建築物，因此在對於公共安全影響性層面會較明顯（圖 6~9）。

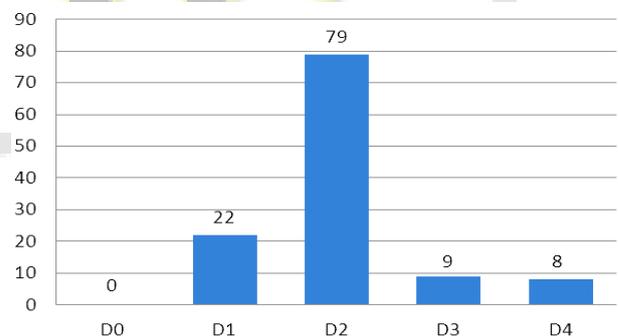


圖 6 本研究實證案例劣化程度（D）分佈狀況

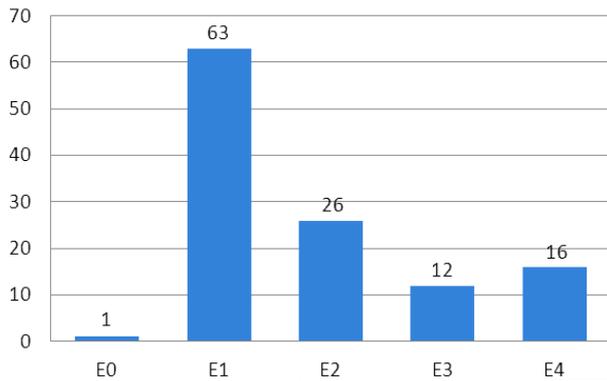


圖 7 本研究實證案例劣化範圍 (E) 分佈狀況

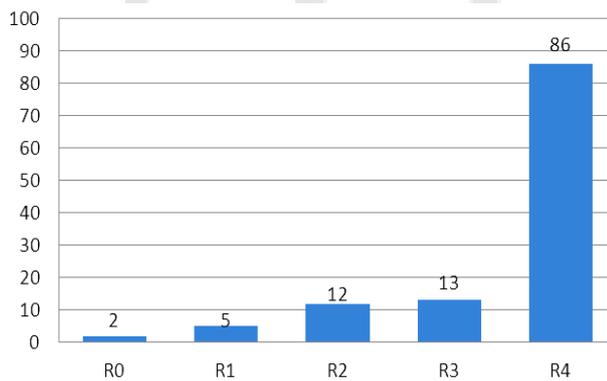


圖 8 本研究案例對公共安全性影響 (R) 分佈狀況

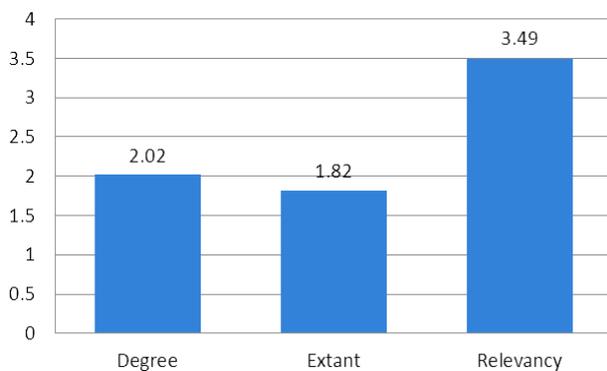


圖 9 本研究實證案例 D.E.R 平均分佈狀況

3.4 建築物外牆磁磚劣化級距

透過 D.E.R 建築物外牆磁磚目視檢測診斷方式，本研究對 118 棟實證案例操作對象提出初步的檢證結果。在檢測的過程當中，本研究發現不同的建築物，不同的使用者及不同的使用性質，可能產生相似的劣化狀況，但此劣化狀況又非一樣的狀況值。舉例言之，外牆磁磚裂縫可能沿著磁磚與磁磚間勾縫處開始產生裂縫；其原因有可能為磁磚本身在生產階段即未有良好品質管理，導致使用一段時間後自行因風化而

產生裂縫；亦有可能是因為地震的影響，對窗戶、窗框周圍，沿著 45°角開始產生裂縫，因此在判斷劣化等級時需非常注意這些細節，並推測劣化產生背後的成因。但本研究主要針對建築物外牆「現況」進行診斷動作，以及「現況」有無可能對公共安全產生立即性之危害，因此除了在劣化標準、指標訂定上，採取較為均質化的指定方式，透過較客觀量化的方式，對建築物做進一步評等。

本研究採用轉化自「臺灣地區橋樑管理系統」D.E.R 評估法與狀況指標，做為建築物外牆磁磚評估診斷的操作方法，其中狀況指標 (Condition Index, CI) 係指利用目視檢測所得外牆磁磚各劣化條件之評估值。透過指標可瞭解該棟建築物外牆的現況，最終求得建築物外牆磁磚現況評估結果。CI 值越高，表示建築物外牆整體狀況越良好，越低則表示建築物外牆整體狀況越差。因此整體狀況指標值將透過本研究統計訂定各界限值與其代表的意義，包含設定某 CI 之界限值、間距及維修考量界限值，一旦該建築物外牆綜合指標低於該分數或間距，就必須進行二次診斷或建議進行維修、修繕的評估，亦能利用於預測使用年限之趨勢分析，以 CI 值預測建築物外牆劣化趨勢。而後檢測者在進行完評估與計算後，即能針對建築物外牆磁磚現況受損或劣化較為嚴重位置，提出修復、修繕或整建的更新建議。

本研究所設計之評估系統為提供建築物外牆磁磚劣化狀況評估用，透過檢測所得之目視評估值，利於了解建築物外牆磁磚目前的現況，並採取適當的因應對策維護立面整體的健全度，確保與延長立面磁磚的耐久性與壽命，因而同時參考橋樑 D.E.R & U 之狀況評估指標計算方式，並調整其中參數定義，以符合未來建築物外牆磁磚評估使用。本研究參考橋樑 D.E.R & U 之狀況指標，經修正調整計算後公式如下所示：

$$CI = 100 - 100 \times \frac{(D + E) \times Ra}{(4 + 4) \times 4a} \quad (1)$$

公式 1 是為求得檢測外牆磁磚相對程度，經計算

後利用 0-100 值表達外牆磁磚健康度，0 表示健康度最低，100 則最佳，因此公式的設計上以滿分扣除診斷對象計算後結果，以求得相對值。公式中 $(D+E) \times R^a$ 表示將目視觀察後之劣化程度 (D) 與劣化範圍 (E) 同一影響屬性相加後，強調公共安全影響重要性 R 值採乘法計算。公式中 $(4+4) \times 4^a$ 則因應目視檢測方法最佳判定值為 4。至於影響相關性則用 a 表示。

公式 1 中，DER 則分別為目視檢測所得各構件之劣化程度 (Degree)、範圍 (Extent) 及重要性 (Relevancy) 評估值。 a 為相關重要性參數，通常取 1，若欲強調構件重要性時可取 2，在本研究當中，則將 a 視為不同使用性質重要性參數，若為公有建築物及供公眾使用之私有建築物 (如電影院、百貨公司)，其 a 值可取具有較重要性之 2，若為私有建築物 (如住宅) 則取具有次級重要性之 1。

本研究將所有目視評估診斷可能的結果套入公式 1，共計 125 種可能性 ($D0 \sim 4 \times E0 \sim 4 \times R0 \sim 4 = 125$) 計算後，因研究重點在於協助快速判斷已發生外牆磁磚劣化的老舊建築物，故剔除劣化程度、劣化範圍及對建築物外牆公共安全性影響為 0 的可能性，剔除後的可能性的結果酌減為 64 種，並取其狀況指標結果

平均值與上下各一個標準差做計算，區分為四種級距以利定義診斷結果。經計算後 125 種可能性其平均值為 61.04，標準差為 22.23，因此可區分為 38.81 分以下、38.81~61.04 分之間、61.04~83.27 分之間及 83.27 分以上，而為方便分類與記憶，本研究級距採整數分類，依序為 38 分以下、39~60 分之間，61 分~82 分之間及 83 分以上 (圖 10 及表 11)，本研究依據相關文獻給予不同的維護修繕建議，後續研究或應用單位可參考本研究給予之建議進行評估。本研究依照前述設計劣化診斷級距，以 118 個實證案例樣本套入分類，詳見圖 11 所示。

表 11 中在等級三建議原則部分，大規模區域整建泛指單面建築物外牆部分區域進行修繕工事，而整體修繕執行則是針對單面建築物外牆磁磚的修繕。在等級四部分，整體立面整建係指對建築物外牆進行都市更新中之「整建」動作，也就是建築物外牆更新。而對於具公共安全疑慮之檢測立面，由於已產生公共安危意外之威脅，若因其它因素無法進行整建動作，則建議至少先將已經剝落之磁磚剔除，避免引發意外造成傷害。

表 11 建築物外牆公共安全分級表

CI 值級距	判定等級	建議原則
$83 \leq CI$ 值	一 (良好)	健康，暫無立即性的危害疑慮。
$61 \leq CI$ 值 ≤ 82	二 (尚可)	加強維護動作，建議至少定期一年檢查一次。
$39 \leq CI$ 值 ≤ 60	三 (注意)	建議立即進行二次深入檢測，評估是否進行大規模區域整建或整體修繕執行
CI 值 ≤ 38	四 (差)	建議立即執行建築物整體立面整建。

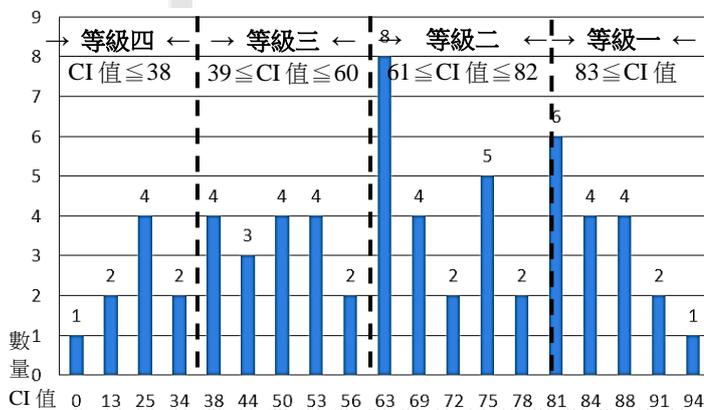


圖 10 驗算公式一外牆磁磚劣化判定分級

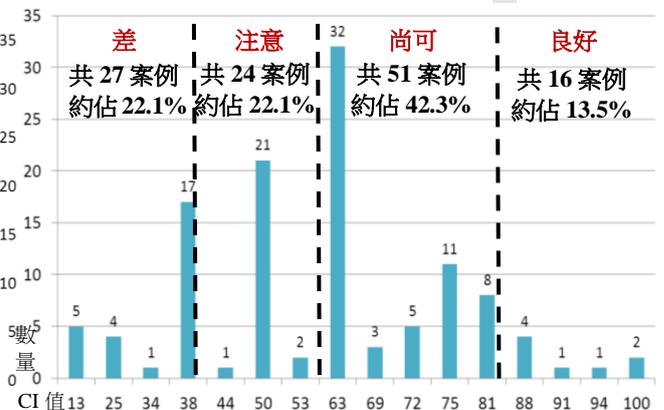


圖 11 本研究案例狀況指標判定等級

本研究透過公式 1 計算外牆磁磚 CI 值，以表 12 之案例進行背景說明，並驗證其診斷對象現況與之狀況指標關係，及說明 CI 值的計算方式。驗證本研究 118 棟建築物 CI 值的統計結果後，可發現影響 CI 值高低的最主要因素為公共安全影響重要性 (R)。此評估方法設計原則主要以計算對於公共安全影響程度，及呼應本研究訂定主題之降低公共安全危害，故對於公共安全影響較大者，其外牆磁磚若發生剝落，合計劣化的範圍後計算，CI 值即相對偏低。

本研究選取九十九年度台北市都市更新整建維護規劃設計及實施經費補助通過的對象，對照台北市申請都市更新整建維護的補助條件，以及市政府補助案例與本研究所界定劣化分級之關係，以確認本方法評估結果之社會應用性。九十九年度台北市都市更新整建維護規劃設計及實施經費補助對象共 16 案例，扣除 2 案例已施工，1 案例為帷幕外牆，共計 13 案例，其相關資料如表 13 所示。

表 12 本研究診斷對象現況與評估資料

編號/位置	樓地板面積/樓高	屋齡	座向
案例 1/臺北市復興南路	1949.01m ² /12F	23	座東朝西
外牆磁磚材質	使用性質	外牆劣化狀況	外牆磁磚劣化部位
丁掛磚	住商混合	剝落、膨脹、裂縫	開口部、轉角處、其他位置
劣化的嚴重程度 (D)	劣化的範圍 (E)	公共安全影響性 (R)	CI 值
2	4	4	$CI = 100 - 100 \times \frac{(2+4) \times 4^1}{(4+4) \times 4^1}$ CI=25
公共安全判定等級/建議	現況照片		
四 (差) /建議立即執行建築物整體立面整建			

資料來源：本研究整理

表 13 九十九年度台北市都市更新整建維護規劃設計及實施經費補助對象評估結果

編號	實證對象	D	E	R	狀況指標分數 (CI)	判定等級
1	台北市徐州路 a 棟建築物	2	2	3	53.1	三
2	台北市成都路 b 棟建築物	2	3	4	37.5	四
3	台北市西寧北路 c 棟建築物	2	2	3	71.9	二
4	台北市民權西路 d 棟建築物	2	3	4	37.5	四
5	台北市民權東路 e 宅棟建築物	2	2	3	62.5	二
6	台北市南京東路二段 f 棟建築物	2	2	4	62.5	二
7	台北市忠孝東路四段 g 棟建築物宅	2	4	4	25.0	四
8	台北市松江路 h 棟建築物	2	3	4	37.5	四
9	台北市松江路 i 棟建築物	2	2	4	50.0	三
10	台北市安和路二段 j 棟建築物	2	2	4	62.5	二
11	台北市仁愛路 2 段 k 棟建築物	3	1	4	50.0	三
12	台北市內湖路二段 l 棟建築物	3	4	4	12.5	四
13	台北市南京東路一段 m 棟建築物	2	3	4	37.5	四
	平均值	2.08	2.46	3.77	46.2	

由上述評估結果顯示，13 個案例中有 9 個案例落在需立即進行二次診斷或逕行整建，4 個案例落在需定期檢查外牆磁磚劣化度，配合本研究所辦理的兩次專家學者座談會結果，顯示台北市政府在評估都市更新整建維護規劃設計及實施經費補助時，對於磁磚剝落可能產生的公共安全極為重視，配合都市景觀影響與策略地區的考量決定補助對象。

以近幾年來申請台北市都市更新整建維護規劃設計及實施經費補助的案例均超過 50 個以上，卻僅提供約 20 個補助名額的嚴格限制而言，磁磚剝落造成公共安全疑慮實為說服審查委員的重點之一。據訪談台北市都更處整建維護專辦單位崔媽媽基金會張偉瑜結果（郭斯傑等，2011b），民眾申請都市更新整建維護規劃設計及實施經費補助最主要的原因為磁磚剝落與外牆漏水，更可間接證明本研究探討主題可反應社會應用，具有代表參考性，在外牆磁磚剝落事件不斷發生的前提下，政府及相關機關實應考量所造成的公共安全衝擊，進而訂定相關的懲罰與獎勵辦法。

四、結論與建議

經由本研究統計與整理後發現，國內建築物步入高齡化階段，經歷 70 年代建築業蓬勃發展，現階段為數不少的商業區建築物其立面與外觀因受到自然劣化影響，諸多之構件亦隨之惡化，因而發生多起外牆磁磚掉落砸傷人車意外，且發生頻率越來越高。在如此前提下，本研究認為，現在應是政府重視外牆課題的重要時機。

本研究透過相關人士實地訪談、文獻理論回顧及實證研究後，提出建築物外牆磁磚公共安全目視評估診斷的模式，包括 D.E.R 目視評估診斷概念、診斷項目及診斷評估準則，提供外牆磁磚公共安全分級，並實際驗證本研究所設計之評估模式與提出對於劣化狀況相關的對策與建議，茲將研究結論與建議摘錄如下。

4.1 研究結論：建立建築物外牆磁磚公共安全 D.E.R 目視診斷評估模式

本研究建立「建築物外牆磁磚目視診斷評估方

法」之 D.E.R 目視評估原則。當中包含劣化程度（Degree）、劣化範圍（Extent）以及對建築物外牆磁磚公共安全影響（Relevancy），分別給予 0~4 之評分，1 為狀況最好，4 為最差。為了能更精確的確認建築物外牆實際的狀況內容為何，本研究建立「建築物外牆磁磚目視診斷評估方法」之 D.E.R 目視評估狀況指標（CI）進行計算，並針對計算結果，以平均值及一個標準差之分類成四個級距。等級一為良好，等級四為最差，並依據不同等級提出建議修繕維護的原則，供後續研究者及應用單位參考。本研究針對北中南都會區 118 個案例進行驗證，經實證結果顯示，CI 值大於或等於 83 時為第一等級，健康程度最好，82~61 為第二等級，60~39 為第三等級，39 分以下為第四等級，健康程度最差。

4.2 建議事項

本研究建議必須從檢討現行法令規章，判斷是否增修改現有法令內容，或直接進行全面、整合性的訂定新法令方向出發。由於目前建築法規中沒有相關管制法令條文，本研究主張在未修改建築相關法令前，可由現有「建築物公共安全檢查簽證申報辦法」增列「外牆磁磚類」檢查項目及配套內容，考量對公共安全危害急迫性的前提下，本研究建議參考與臺灣社經狀況相近之香港所推動強制驗樓計劃規定，並比照內政部現行的法令規範「建築物公共安全檢查簽證項目表」的執行內容，先針對公共安全影響較明顯之七樓以上樓層、面臨 20 米以上道路，及屋齡 20 年以上的公私有建築物規範強制檢驗。但因私有建築物規範強制檢驗困難，本研究建議可先針對公有建築物開始施行，透過公有建築物的先行操作，而後再進行細部的討論，始可進一步規劃如何透過法令規範的訂定，將建築物外牆磁磚的公共安全納入於「建築物公共安全檢查簽證項目表」的第三類中。

由於國內既有建築物逐年老化，外牆磁磚剝落案例越見頻繁，影響公共安全與都市景觀，本研究建議，未來相關機關應研擬外牆磁磚目視診斷檢測評估搭配打音診斷法之劣化標準研究，規劃更深入的二次

診斷及三次診斷，以期充實外牆磁磚診斷方法及擬定更科學化的檢查流程與劣化標準。

誌謝

本研究結果獲致於行政院國家科學發展委員會 (NSC 100-2221-E-002-215)、內政部建築研究所 (100301070000G1014) 及中興工程科技研究發展基金會研究獎助對本研究經費之補助，使本研究工作得以順利展開。

參考文獻

內政部營建署 (2004)。中華民國八十七~九十五年臺灣地區營建統計年報。台北市：內政部營建署。

江立偉 (2009)。建築物外牆公共安全目視診斷評估方法之研究。未出版之碩士論文。國立高雄大學都市發展與建築研究所，高雄市。

吳茂村 (2002)。外牆磁磚整磚模式之研究。未出版之碩士論文。朝陽科技大學營建工程研究所，台中市。

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，(4)，284-291。

周明正 (2006)。貼磁磚 RC 辦公建築外牆改修構法計劃-以台灣科技大學行政大樓外牆更新為例。未出版之碩士論文。國立臺灣科技大學建築研究所，台北市。

屋宇署 (2011)。強制驗樓計劃。香港：香港特別行政區政府屋宇署。

曾志煌，許書耕，巫柏蕙，姚乃嘉，陳明正，葉啟章，蔡欣局，廖先格 (2011)。「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」之研擬。交通部運輸研究所研究報告。台北市：中華民國交通部運輸研究所。

高蔡義 (2000)。建築物外牆面磚劣化原因與對策之研究-以大學學校建築為例。未出版之碩士論文。國立成功大學建築研究所，台南市。

高弘儒 (2009)。建築更新外牆整建需求與區分所有權人合議過程之研究。未出版之碩士論文。國立高雄大學都市發展與建築研究所，高雄市。

郭斯傑，黎昌憲，李育陞 (2011a)。建築物外牆整建更新之法令制度與關鍵因素分析。物業管理學報，(2)，1-12。

郭斯傑，黃世孟，張智元，江立偉 (2011b)。建築立面更新健診與評估系統之研究。內政部建築研究所研究報告。新北市：內政部建築研究所。

陳昭榕 (2001)。外牆更新替選方案評估模式之實證研究-以台北市高層辦公大樓為例。未出版之碩士論文。國立成功大學建築研究所，台南市。

張智元 (2006)。建築醫學之概念與應用機制研究。未出版之博士論文。國立臺灣大學土木工程學研究所，台北市。

黃克翊 (2010)。既有 R.C. 建築磁磚外牆劣化及改修工法調查研究-以高雄市透天厝為例。未出版之碩士論文。國立成功大學建築研究所，台南市。

黃世孟，江立偉，李姿葶，賴玉恩 (2010)。建築屋主觀點對於建築物健康診斷與定期檢查共識之研究。建築學報，(71)，233-253。

黃世孟，李姿葶，江立偉，陳智偉，陳季妙 (2008)。建築業主對設施健診認知與實施建築強制檢查辦法之分析。中華民國建築學會 97 年建築研究成果發表會論文集 (pp. 2625-2644)。台北市：臺灣建築學會。

黃仁威 (2010)。直橫料式金屬帷幕牆外牆更新工法之研究 -以辦公大樓為例。未出版之碩士論文。國立成功大學建築研究所，台南市。

楊詩弘，粘世孟 (2012)。台北市建築物外牆維護管理評估指標制定之研究。建築學報，(82)，1-20。

臺灣省政府主計處 (1998)。中華民國八十六年台灣省統計年報。南投縣：臺灣省政府。

戴佩宜 (2008)。以打音診斷法從事建築外牆磁磚非破壞檢測之研究。未出版之碩士論文。國立高雄大學都市發展與建築研究所，高雄市。

簡名君 (2009)。建築外牆附置物劣化診斷等級評估模式之研究-以分離式冷氣架為例。未出版之碩士論文。國立台北科技大學建築與都市設計研究所，台北市。

劉慶男，王順治，胥直強（2001）。*集合住宅外牆附置物設置參考手冊*。內政部建築研究所專題研究報告。新北市：內政部建築研究所。

小林一輔（1998）。*コア採取によるコンクリート構造物の劣化診断法*。東京都：森北出版株式會社。

中島和幸（2007）。*タイル張り外壁の調査・診断方法*。*建築外牆瓷磚耐用診斷與維修技術研習會論文集*（pp. 5-7 - 5-40）。台北市：台灣物業管理學會。

魚本健人，加藤潔，広野進（2000）。*コンクリート構造物の非破壊検査*。東京都：森北出版株式會社。

Petermann, M., & Erdly, J. (2003). *建築物外牆有多安全？*。引用於2012年10月16日，取自 <http://www.astm.org/SNEWS/CHINESE/2004/Petermann.htm>。

REFERENCES in English

Buildings Department (2011). *Mandatory Building Inspection Scheme*. Hong Kong: HKSAR.

Chang, C. Y. (2006). *The Concept and Implements for Building Medicine*. Unpublished doctoral dissertation. Graduate School of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei.

Chen, C. J. (2001). *The Evidence Research for the Criticism Standard of the External Wall--Multi-story High Business Buildings in Taipei for Examples*. Unpublished master's thesis. Department of Architecture, National Cheng Kung University, Tainan.

Chiang, L. W. (2009). *The Method by Visual Inspection of the Building Siding Public Security Research*. Unpublished master's thesis. Graduate Institute of Urban Development and Architecture, National University of Kaohsiung, Kaohsiung.

Chien, M. C. (2009). *The Research on Evaluation of Deterioration of Subsidiary on Building Exterior Wall -As a Case Study on Separate Type Air - Condition Bracket*. Unpublished master's thesis.

Graduate Institute of Architecture and Urban Design, National Taipei University of Technology, Taipei.

Chou, M. C. (2006). *The Façade Refurbishment of the Office Building with Tiled External RC Wall -Façade Renewal of the Administration Building at the NTUST*. Unpublished master's thesis. Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei.

Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior (2004). *The Republic of China of 1998 to 2006 Taiwan-Fukien Area Construction Statistics Annual Report*. Taipei: Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior.

Guo, S. J., Huang, S. M., Chang, C. Y., & Chiang, L. W. (2011). *The Research of Building Siding Health Check and Renovation Assessment System*. Report of Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior. New Taipei City: Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior.

Guo, S. J., Li, C. H., & Li, Y. S. (2011). Analysis of key factors for laws and regulations on building external walls renovation. *Journal of Property Management*, (2), 1-12.

Huang, K. Y. (2010). *A Study on External Wall Tile Deterioation and Repairment of the Existing R.C. Buildings-A Case Study with Tou-tain-cuo in Kaohsiung City*. Unpublished master's thesis. Department of Architecture, National Cheng Kung University, Tainan.

Huang, R. W. (2010). *A Study on Stick System Metal Curtain Wall Renew Work Method - In The Case of Office Building*. Unpublished master's thesis. Department of Architecture, National Cheng Kung University, Tainan.

Huang, S. M., Chiang, L. W., Li, T. T., & Lai, Y. E. (2010). Research on the common consensus of

- building health diagnosis and regular check based on building owner viewpoint. *Journal of Architecture*, (71), 233-253.
- Huang, S. M., Li, T. T., Chiang, L. W., Chen, C. W., & Chen, C. M. (2008). The analysis of the building owner's acknowledgement of facilities' healthy examinations and methods of executing forcible examinations. *Proceedings of the 20rd annual symposium of the Architectural Institute of Taiwan* (pp. 2625-2644). Taipei: Architectural Institute of Taiwan.
- Kao, H. J. (2009). *The Requirements for Renovation of Building Facade and the Process in Reaching a Binding Agreement among Property Owners*. Unpublished master's thesis. Graduate Institute of Urban Development and Architecture, National University of Kaohsiung, Kaohsiung.
- Kao, T. I. (2000). *A Research and Innovation of the External Wall Tile Deterioration on the Building — For Example with the University School Building*. Unpublished master's thesis. Department of Architecture, National Cheng Kung University, Tainan.
- Kazusuke, K. (1998). *The Degradation Method of the Concrete Structure by Core Extraction*. Tokyo: Morikita Publishing Co., Ltd.
- Lin, S. T. (1993). The reasons and countermeasures of external wall tiles falling. *Space Magazine Special Issue*, (4), 284-291.
- Liu, Q. N., Wang, S. C., & Xu, Z. Q. (2001). *A Research for Allocating External Wall Accessories in Condominium Architectural Planning*. Report of Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior. New Taipei City: Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior.
- Nakajima, K. (2007). The research of building external wall tiles investigation and diagnosis. *The Proceeding of Building External Wall Tiles Diagnosis and Repair Technology* (pp.5-7-5-40). Taipei: Taiwan Institute of Property Management.
- Petermann, M., & Erdly, J. (2003). *How Security at External Wall*. Retrieved Oct. 16, 2012 from <http://www.astm.org/SNEWS/CHINESE/2004/Petermann.htm>.
- Tai, P. Y. (2008). *Nondestructive Testing of Exterior Wall Tiles by Tap Tone Method*. Unpublished master's thesis. Graduate Institute of Urban Development and Architecture, National University of Kaohsiung, Kaohsiung.
- Taiwan Provincial Government Accounting Office (1998). *1997 Taiwan Statistical Yearbook*. Nantou County: Taiwan Provincial Government, R. O. C.
- Taketo, U., Kato, K., & Hirono, S. (2000). *Non-destructive of the Concrete Structure*. Tokyo: Morikita publishing Co., Ltd.
- Tseng, C. H., Hsu, S. K., Wu, P. H., Yau, N. J., Chen, M. C., Yeh, C. C., Tsai, H. C., & Liao, H. K. (2011). *A Study on Drafting the Bridge Visual Inspection and Evaluation Manual*. Report of Institute of Transportation, MOTC. Taipei: Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communication.
- Wu, M. T. (2002). *Tile Placing Optimization for External Face of Building*. Unpublished master's thesis. Department and Graduate Institute of Construction Engineering, Chaoyang University of Technology, Taichung.
- Yang, S. H., & Nine, S. M. (2012). Research on the evaluating guide of building external wall maintenance management for Taipei City. *Journal of Architecture*, (82), 1-20.