

重機具於建築物倒塌事件之加速搜救的角色探討—以 0206「維冠金龍」大樓倒塌事件為例

The Examination of the Role of Heavy Machinery in the Acceleration of Rescue during the Building Collapse of 0206 Weiguan-Jinlong Building as an Example

邱淵明 Yuan-Ming Chiu*

曾瑞曲 Rui-Qu Tseng**

摘要

2016 年 2 月 6 日臺南市永康區的「維冠金龍」大樓倒塌，死亡人數達 115 人，是臺灣史上因單一建築倒塌傷亡最慘重的事件。由於其建築結構相當複雜，倒塌後呈鬆餅狀堆疊的樓層更增加搜救的難度，因此重機具於搜救任務中的應用也在此次引起廣泛的討論。以往重機具通常應用於救災後期復原重建階段，主要任務為破壞及清理；但此次 0206「維冠金龍」事件，重機具卻是在救災初期即配合搜救人員進行人命救助，更大幅提升了搜救速率。因此本研究除了藉由大量文獻回顧，整理國內外大型災害事故中重機具的應用及重要性；更藉由與 0206 現場指揮決策者及土木、結構專家進行深度訪談，以深入探討此一突破性作為之利弊，重新定義重機具於搜救工作之角色。

關鍵字：地震、建築倒塌、重機具、搜救

*長榮大學經營管理研究所，博士候選人。

**中央警察大學防災研究所，碩士（通訊作者：ruby.jacky@yahoo.com.tw）。

Abstract

The collapse of the Weiguan-Jinlong complex in Yongkang District in Tainan City, which happened during the earthquake on February 6th 2016, is the most tragic incident in terms of casualties in a single housing complex. The rescue mission was extremely difficult due to its complex building structure with overlapped floors in the rubble making the rescue even more challenging. The utilization of heavy machinery, usually called for during the recovery stage to clean and demolish wreckage, has been widely discussed. However, in the Weiguan-Jinlong incident, it was deployed in the initial stage to assist rescuers carrying out the rescue mission -- therefore enhancing efficiency. By reviewing plenty of literature and compiling documents regarding the importance of and utilization of heavy machinery, as well as interviewing the incident supervising commander, civil engineers, and structural engineers, this study will expand the advantages and disadvantages of this breakthrough strategy.

Keywords: Earthquake, Building collapsed, Heavy machinery, Search and rescue.

壹、前言

建築物是人類日常生活的空間，若遇強烈地震侵襲自然會造成嚴重的傷亡。由於全球經濟發展，都市地區多為土地狹小且人口集中的景象，尤其現代建築材料多採用鋼筋混凝土及鋼構材料，建築形態日趨高層化及複雜化，若遇強烈地震時需要很多大型設備（重機具）來進行救援（韓煒、陳維鋒、顧建華、吳新燕，2012）。在破壞性的災害中，最佳的救援時機是事故發生的 24 小時內，因此若無法及時提供重型機械供搜索及救援任務使用，將延誤受困者接受緊急醫療的時間，導致死亡率增加（Chen, 2011）。西亞的亞美尼亞共和國（Armenia）在 1988 年遭受大地震後，即因社會經濟基礎無法立即提供重型機械拆除坍塌的建築物，導致延遲受困者就醫的黃金時間，因而大大提高死亡率（Bissell, Pinet, Nelson & Levy, 2004）。

雖然重機具協助搜救工作已為未來之趨勢，但由於此議題缺乏歷史經驗與

本土研究，因此本文以發生於 2016 年 2 月 6 日臺南永康區「維冠金龍」大樓倒塌事件為背景，訪問當時的六位救災指揮決策者及土木、結構專家，期望藉此促進往後面對大規模災害時能做出更為優質的決策。

一、研究背景

(一)「維冠金龍大樓」事件概述

2016 年 02 月 06 日凌晨 03 時 57 分於高雄市美濃區（屏東縣政府北偏東方 27.4 公里）發生芮氏規模 6.6 之地震，因「場址效應」的關係使得臺南災情慘重，其中永康區的「維冠金龍」大樓倒塌事件，造成 115 人死亡，是臺灣史上單一建築物死傷最慘重的案件。

「維冠金龍」大樓是一座鋼筋混凝土結構大樓，分別由 A-I 等九棟大樓組成一「U」字型的住商混合大樓（圖 1），一至三樓是燦坤永康店承租門市，四樓以上是住宅使用，另還有一層地下室。其中 A、G 兩棟為十六層，H、I 棟為十五層，B-F 棟為十三層，大樓內共計有 92 戶、289 人居住其中。

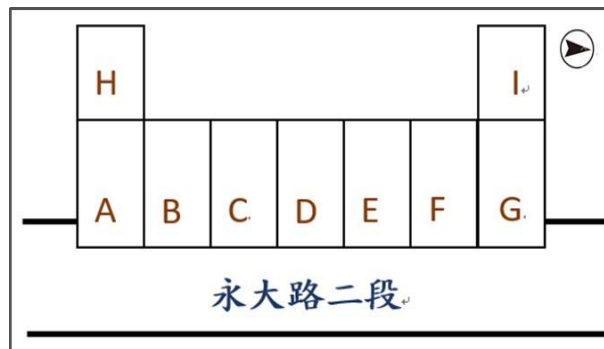


圖 1 維冠金龍大樓各棟建物分布圖

圖片來源：本研究自行繪製

由於「維冠金龍」大樓本身建築結構即相當龐大且複雜，倒塌後結構體嚴重扭曲變形，更出現 H 棟及 I 棟疊壓 A 棟及 G 棟的情形，如此複雜的倒塌型態更增加了搜救的難度。災後第一天（2 月 6 日）共救出 164 名生還者及 13 位罹難者；第二天（2 月 7 日）則大幅下降至 7 位生還者及 20 位罹難者，但此時仍有約 84 位生死未卜的居民受困其中（圖 2）。因此現場指揮官合理推測應該是人力及輕機械搜救方式到達瓶頸，因此召集消防局、工務局、土木及結構技師等相關專家開會討論，並針對是否適宜啟動重機具配合搜救以加速救援速率進行討論。

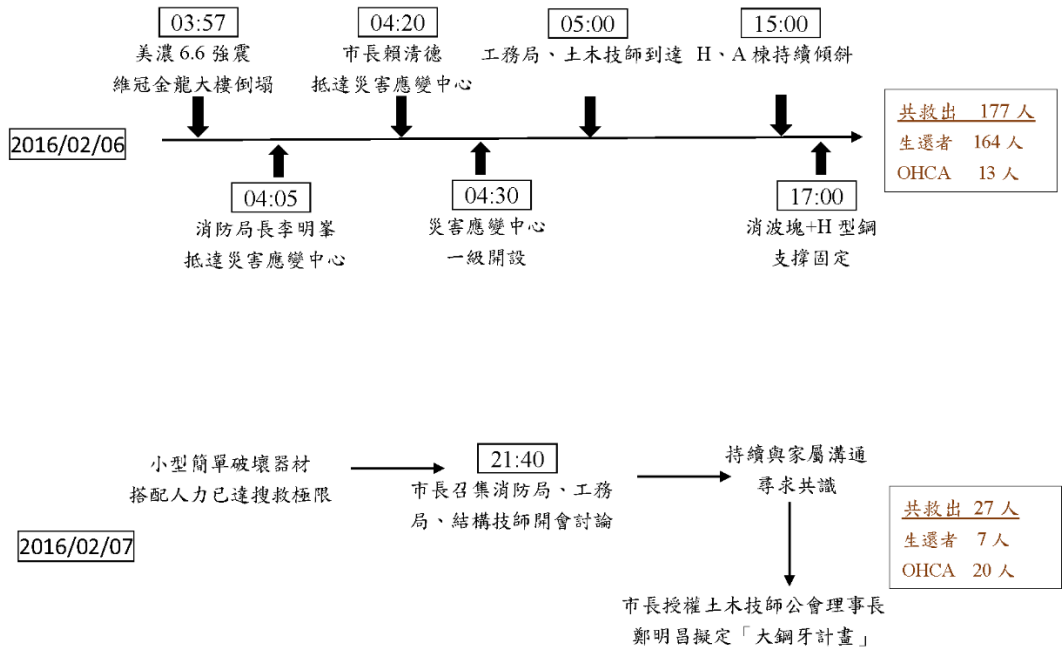


圖 2 救災時序表(2月6日及2月7日)

圖片來源：本研究自行繪製

2月8日凌晨0時由指揮官召開聯合記者會說明「大鋼牙計畫」後，原定凌晨1時正式啟動，但因陸續發現生命徵象故暫緩執行，持續以人力及輕機械進行救援（圖3）。直至18時15分救出最後一位生還者後，因大型建築結構體阻礙，使搜救人員一再反映無法再深入救人，現場環境已達到人力搜救的極限，且於可搜索空間中皆再三確認無發現任何生還者及受困者跡象，始於20時（震後64小時）啟動大鋼牙搜救計畫。

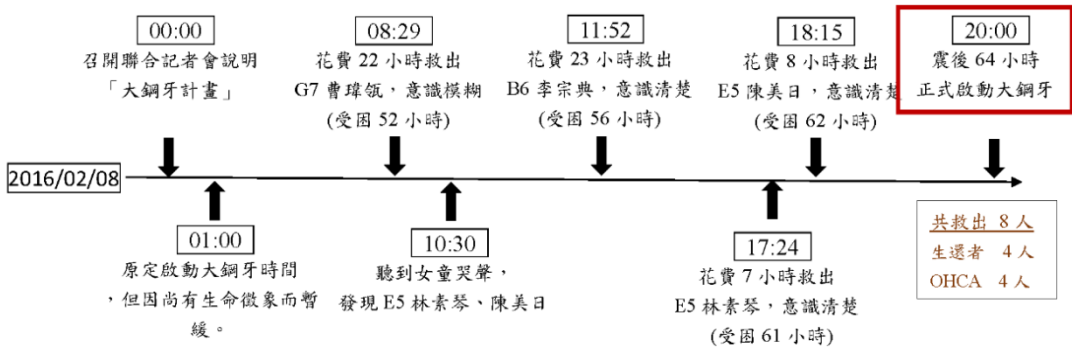


圖 3 救災時序表(2月8日)

圖片來源：本研究自行繪製

由搶救統計可知，2月8日晚間重機具啟動後，直到2月10日才有比較多罹難者被救出，而在12日時達到高峰。由此結果也可推知，若持續只以人力及輕機械搜索，整個搜救的過程將會延宕許多，對於現場所有搜救團隊及家屬都是身心上的煎熬，因此「大鋼牙計畫」的啟動對於後續加速人員的救出應有正面的效益。

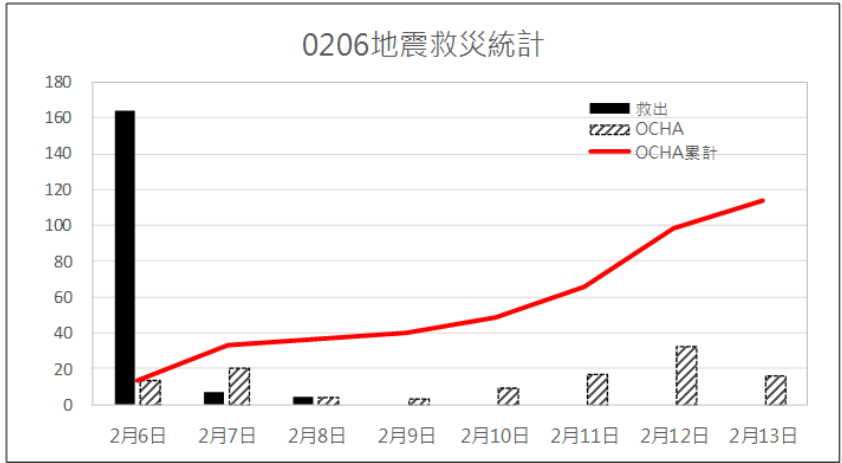


圖 4 臺南市政府消防局地震災害「維冠金龍」大樓搶救統計表

圖片來源：本研究自行繪製

(二) 搜救過程問題探討

「維冠金龍」大樓建築物面積達 13,412 平方公尺，體積相當龐大且用途複雜，居住人口又多。為加速救援速率將現場分為四個分區，由消防局總指揮官指派第四、五、六、七大隊之大隊長分別擔任各分區指揮官，另亦協調整合各縣市支援之特搜、民間救難協會及國軍兵力，以掌握搜救進度。

建築物的第一面（北側）在地震發生後，由西側往東側倒下，導致 I 棟疊壓至 G 棟上方，造成 G 棟結構嚴重損壞，救援困難。搜救人員初期只能以架梯方式進入 G 棟救援，並以輕型破壞工具進行破壞，救援所需時間較長，且輕型破壞工具破壞程度有限，無法深入建築物內進行救援。另搜救過程中亦發現 I 棟持續向北傾斜，若有餘震或其他外力因素會導致二次坍塌，造成搜救人員及受困者的危害，故請工務局調派 H 型鋼及怪手進行支撐作業，以確保現場人員之安全。

建築物第二面（東側）的搜救過程中，於 F14 及 E12 附近有偵測到生命徵象，故向下進行人工破壞，破壞後發現中間經過四層樓板及數根大樑，且鋼筋

繁雜錯亂，拆解非常困難，導致救援時間過久（約 20 小時），故再次協調大鋼牙採取邊破壞邊搜救及偵測之方式進行。

建築物第三面（南側）H 棟疊壓 A 棟建築，造成 A 棟空間擠壓無法進入，與 I、G 棟狀況雷同。且 H 棟亦向北側傾斜，故請求工務局調派進行支撐作業，將 H 棟加以固定防止繼續傾斜崩塌。但因 H 棟疊在 A 棟之上，若先進行 A 棟拆除作業，必會造成全面崩塌，故以安全考量優先情況下，先進行 H 棟之拆除作業。後續再與土木、結構技師協調，採東西兩側同時開挖（7F 及 16F），以增加時效，此方式最後亦證實加快速率且未導致二次坍塌。

建築物第四面（西側）救援過程中，發現 B 棟 6 樓受困之李宗典，左腳遭大樑壓住，且空間狹小，無法有效使其脫困，亦無法進行截肢手術，故另尋方法，最後改由受困者下方進行破壞，過程花費大量時間（約 12 小時），最後才將其順利帶出。另外 B 棟 7 樓罹難者遭兩大樑夾住，以人工破壞非常困難，但現場建築物結構不穩定，天花板傾斜約 35 度，故僅能以人力/打石機具持續挖掘，一面清除廢棄物以增加大體運出空間，非常耗時。

另 B、C、D、E、F 棟折斷部分，因自來水管線破裂，造成大量積水，不易接近救援；另積水亦致使重型機具無法接近，搶救破壞受限而延宕作業時間，故協請工務單位載送約 3 大卡車廢土填補地下室缺口，以利大型機具進行拆除作業。

（三）大鋼牙救援計畫

「大鋼牙救援計畫」係由消防局、工務局、土木技師公會及營造公會人員共同評估結構拆解方式，再由大鋼牙機具局部剝離建築物，增加搜救人員作業空間，且搭配生命探測儀或搜救犬偵測生命跡象。若搜救過程中偵測到生命徵象，立即改以人力操作輕型機械救援，如此一來可大幅提升搜救效率，盡速營救深層受困者。

本次災害搜救中使用的重機具包含大鋼牙、破碎機與怪手，依機具特性運用時機皆不同。大鋼牙之特性為能夠執行較精細之拆解動作，以局部剝離方式拆除建築物，減輕倒塌建築物之荷重，且避免二次坍塌之情形發生，故能運用於災後緊急搶救之階段；破碎機因衝擊力較大，操作時會影響整體倒塌建築物之平衡與穩定，故僅能運用於無人受困之區域；怪手在此次災害中主要扮演支撐建築物與輔助清除建築構件之角色，由於其無法執行精細動作，且衝擊力大容易影響倒塌建築物之平衡，故主要運用於傾斜建築物緊急支撐及復原清理階段使用。因此在此次搜救任務中，是以大鋼牙為主，破碎機與怪手為輔來進行，

過程中皆沒有造成救難人員受傷及建築物崩塌的情形發生。

「大鋼牙計畫行動原則」如下：

1. 以搜救而非拆屋為主要目的，倘倒塌建物妨礙前進路徑時，才加以拆解。
2. 每一路徑均配置機具、搜救人員及專業技師。
3. 機具先咬開一通路，由搜救人員進入搜尋，若無發現，則前進。
4. 開挖過程先以救活人為原則，如發現生命跡象，將暫停機具作業，展開人工搜救。
5. 倘發現大體，須保持大體完整挖出。若挖掘大體太耗時影響前進，需考慮先將大體保全，維持搜救進展。
6. 若建築物下方仍有受困者或大體，機具不得爬上該建築物，以免傷及倖存者且是對往生者的尊重。
7. 搜救人員依各棟、各層受困人數進行搜尋。
8. 技師攜帶建物平面圖，藉以幫助進行拆解判斷。

貳、文獻探討

傳統對於重機具於救災現場的應用多停留在拆除、破壞及復原重建階段，但其實只要應用得宜，重機具是可以協助救援工作進行 (Shannon, 1999)，且能增進搜救效率的。本章文獻探討主要回顧重機具於各國及各類災害之應用、綜整建築物倒塌搜救工作之特點，以及專業技師在重機具操作時的功能定位，以驗證 0206「維冠金龍」事件中，關於重機具運用之相關決策。

一、重機具於災害之角色

地震災害的搜救充滿了危險性與挑戰性，身為一位決策者應優先考量現場安全情形，適當的佈署人力與資源，以利快速有效的從倒塌建築物中營救受困者 (單修政，徐世芳，2002)。但由於日趨複雜的建築型態，僅憑人力及輕機械搜救將延宕救援的黃金時間，重機具的功能也不再侷限於破壞及清理，而是在災後初期即可協助搜救的進行。表 1 整理出重機具於各國災後緊急應變及復原重建時期扮演之角色，可知重機具在災害現場是相當重要，且應用的方向也是相當多元的。

表 1 重機具於各類災害現場之重要性

時間	災害事件名稱	重機具應用情形	資料來源
1976 年	唐山大地震	缺乏重機具而影響搜救成效。	單修政、徐世芳 (2002)
1988 年	亞美尼亞大地震	缺乏重機具而影響搜救成效。	Mizuno (2001)
1989 年	舊金山大地震	缺乏重機具而影響搜救成效。	Chen (2011)
1995 年	奧克拉荷馬市爆炸案	為快速營救受困者，當局採用起重機和其他重型設備投入救援工作，縮減了救援時間和加速災後復原工作的進行。	Shannon (1999)
1999 年	土耳其伊茲密特大地震	缺乏重機具而影響搜救成效。	Mizuno(2001)
1999 年	921 大地震	72 小時後方啟用重機具協助「東星大樓」搜救工作。	黃鳴毅 (1999)
2005 年	美國卡翠納颶風	平時沒有建立適當的重機具資源配置資訊，導致災害發生時無法立即調集運用，延誤了搶救時間。	Chen (2011)
2008 年	中國汶川大地震	缺乏重機具而影響搜救成效。	賈群林、陳莉 (2012)
2010 年	海地大地震	缺乏重機具而影響搜救成效。	Chen (2011)

資料來源：本研究整理

在破壞性的災害中，最佳救援時機是事故發生的 24 小時內 (Mizuno, 2001)，因此若無法即時調用重機具投入救援工作，恐延誤受困者接受緊急醫療的時間，而導致死亡率增加 (Bissell et al., 2004)。因此，在災害應變期間重機具是不可或缺的，若能愈早運用重機具於救災現場，對救災行動將有正面的效果 (Chen, 2011)。

二、倒塌建築物救援特點

由前述的災例回顧可知，震災中最為致命的關鍵之一，就是倒塌的建築物。因此，重機具於大規模災害之緊急應變階段，就成了不可或缺之角色。倒塌建

築物救援行動最主要有以下幾項特點（馬林，2012）：

（一）作業環境複雜

事故現場相當混亂，除了有來自四面八方的人群聚集，包括家屬、搜救人員、志工...之外，同時也可能造成交通、水電、瓦斯、電信等維生管線受損，引發二次災害的可能。因此指揮官必須通盤了解狀況並掌握現場，方能擬定適合的搜救決策。

（二）搜救人員專業度需求高

由於倒塌建築物災害現場相當複雜，且搜救難度高，相對的搜救人員的專業技能就顯得相當重要。搜救人員要在這種高風險的環境中執行搶救任務，不僅須具備救援知識與經驗，還要能熟練操作各種搜索、救生、破壞、支撐、固定等救援裝備，同時在專業技師未能及時到場之前，能對已坍塌的建築物做綜合評判，才能確保施救者與受困民眾之安全。

（三）救援裝備需求大

建築物倒塌的救援過程中，首先要運用生命探測儀或搜救犬等輔助工具來進行全方位的搜索與定位，若為淺層受困者，可運用人力搭配輕機械的方式，來執行頂舉、破壞等營救受困者的方式；若為深層受困，則需動用重機具來開拓新的救援路徑及空間。因此，大型倒塌建築物現場救援裝備的需求很高，在平時即應建置相關裝備的清冊，以免災害發生時無法立即調集運用，而延誤了搶救時間。

（四）救援時間持續較長

建築物倒塌的救援現場，龐大的建築面積及複雜的倒塌型態，使得搜救工作通常持續很久的時間，對於搜救人員的體力及機具器材的消耗都是很大的考驗。搜救工作如同與時間賽跑，由於侷限空間的搜索與救援難度很高，因此隨著搜救時間的拉長，受困者的生命徵象也會愈來愈虛弱，更增添了搜救現場人員的壓力。

三、專業技師之功能定位

重機具於各類災害之應用相當廣泛，無論在災後緊急應變時期或復原重建階段都能發揮其功用。此次「維冠金龍」搜救任務中，重機具運用之時機及方式，主要是由土木、結構技師來判定，借重其對於建築結構之專業知識，選擇最適宜之介入時機點及建築物拆解順序，以避免二次倒塌為前提，來快速達到

減壓、開挖新的搜救通道及營救深層受困者。以下分就專業技師於災害現場之任務及重要性整理如下：

(一) 專業技師之任務

建築領域之專業技師主要為土木及結構技師，而其於建築物倒塌之災害搶救現場執行的任務有三種，首先當地震造成多處坍塌或搜救資源有限時，在災區中針對損害建築物進行危險建築物緊急評估，將有助於了解應集中能量於何處進行救援，可達到最大的效益，並營救出最多的受困者。其次是當建築物倒塌後結構受損，此時若貿然進入搶救受困者，將可能連同搜救人員一起遭遇危險。因此，專業技師另一項重要任務即為提供結構物臨時支撐及固定的方法，以利救災人員進行搶救工作，並保障其安全。最後因災害現場建築物倒塌形式各不相同，技師將依其專業見解及判斷能力提供決策者關鍵訊息，以確保救災工作的效率，並且恢復甚至提高災前的建築環境條件(Peña-Mora, Aziz, Chen, Plans & Foltz, 2008)。

(二) 專業技師之重要性

由於災區混亂與緊張的環境，現場支援的技師必須做好心理準備或甚至接受過專業的培訓課程，才能在如此苛刻和危險的環境中仍然保持思緒清晰，作出快速與正確的判斷。國內外許多重大災害都有紀錄專業技師協助參與災害應變的情形，如 1985 年墨西哥大地震、1999 年美國 911 恐怖攻擊、1995 年奧克拉荷馬爆炸案、2005 年卡翠納颶風、臺灣的 921 集集地震與 0206 美濃地震等重大災害中，專業技師皆負責倒塌建築物評估、災區房屋危險鑑定、並提供專業及準確訊息以協助搜救工作進行。因此，技師在建築物倒塌災害中的重要性是無庸置疑的(McGuigan, Deam & Bull, 2002)。

專業技師能夠提供更可靠和準確的結構損傷評估訊息，以了解重型設備的需求與容量和關鍵基礎設施的檢視。在搜索及救援工作中，時間是最重要的考量因素，有效的救災資源整合利用可大幅降低受困建築物內傷亡的人數。隨著專業技師加入應急救援的團隊中，應變資源也可做充分有效的運用，相對的減少關鍵基礎設施中斷的時間及降低傷亡人數和經濟損失 (Chen, 2011)。

參、研究設計與實施

傳統災害現場重機具多應用於後期的復原重建階段，因此形塑出啟動重機具即為放棄生還者的刻板印象。在日趨龐大且複雜的建築形態下，重機具的應

用不應再侷限於復原重建時期，尤其在此次「維冠金龍」搶救任務中發揮了極大的功效。但災害現場的情況皆不同，重機具介入的時機與方式仍應因地制宜、依每場災害特性為考量，無法一概而論，因此本研究欲藉由深度訪談現場重要指揮決策者及專家，以針對此一突破性的作為，探究其背後詳細的決策過程與考量重點，以供未來若運用重機具協助搜救時，可做為參考之依據。

一、訪談對象之選取

因本文以發生於 2016 年 2 月 6 日臺南永康區「維冠金龍」大樓倒塌事件為背景，訪談對象主要以立意方式來挑選，部分則藉滾雪球方式。首先訪談參與「維冠金龍」大樓搜救任務的三位救災指揮決策者，除了訪談對象本身對事件過程有充分的了解外，並考量「維冠金龍」大樓倒塌事件為重機具首次於救災初期進入協助搜救工作，因此藉由訪談現場指揮決策者來了解其對於重機具決策擬定的考量因子，以利本研究之探討。

因倒塌建築物內仍有大量受困者，因此重機具的進入時機以及方式皆需要由建築結構專家通盤考量後方可執行，如此方能確保受困者與搜救者安全，同時並提高搜救效率。因此本研究特訪談兩位土木及建築結構之專家，希望能彙整相關專業建議，以提供未來面對類似情境時可做為參考依據。另外，重機具的種類及選取並非消防工作之專業，因此特別訪談一位重機具公司從業人員，請其針對重機具種類與適用情境作詳細的講解，以增加本研究之完整性。

表 2 受訪對象一覽表

專業領域	職稱	編號	年資	維冠金龍搜救之職務內容
救災決策者	局長	A	36	消防局總指揮官
	大隊長	B	32	分區指揮官
	大隊長	C	23	分區指揮官
土木、結構	理事長	D	33	重機具指揮官
	副總工程司	E	15	工務局長幕僚
	結構技師	F	26	現場值班技師
重機具	行銷經理	G	28	無

二、訪談形式

本次訪談採用「半結構式深度訪談法」，訪談期間為 2017 年 7 月 20 日至 2017 年 8 月 24 日，藉由分析整理訪談對象提供的專業建議，歸納出本研究欲探討之核心概念—重機具於救災初期配合搜救之適當時機與方式，促進往後面臨類似災害時能做出更優質的決策。

肆、訪談資料分析

一、啟動重機具之必要性

建築物的結構形式、建築材料、施工質量和屋齡等，對抗震性能都有直接的影響（劉晶波等人，2006）。若遇強烈地震導致建築物倒塌之災害現場，僅靠消防隊的頂舉器、油壓切割機等輕型破壞器材，是無法即時移除大型建築結構體的。因此若要加快救災速率，只能依靠大型重機具，開拓出新的搜救路徑，以利於快速搶救深層的受困人員（鄧志濤、劉強，2012；馬林，2012）。

受訪者 A：若是利用人力及輕機械救援已經到了瓶頸，救援成效相當低的情況下，就必須考慮運用重機具配合搜救，以提升搜救的成效。

受訪者 B：維冠大樓...若純粹依靠徒手及輕機械搶救，恐怕難度相當的高；...要依賴重機具是無法避免的，只是時間上的認定必須要相當謹慎。

受訪者 C：...到了第二天晚上，用人力及小型機具的救援方式已經到達了極限，若硬要等到黃金 72 小時過了才啟動重機具，那這段期間無疑是浪費掉了。

受訪者 D：可以搜救的其實在第一天的上午都差不多救出來了，...因為受困者都在深層，只憑人力搜索加上輕機械已經面臨瓶頸，因此開始從局部及外圍動用重機具協助開挖通道，讓搜救人員進入救援。

受訪者 E：由於建築物的牆壁相當厚實，...導致搜救工作相當困難，若只依賴搜救隊的人力加輕機械救援，是遠遠不足的。

受訪者 F：使用輕機械進行救援，既沒有電、Power 也不足，所以要破壞一道牆、或是一個樑，都需要花費很久的時間…。

二、重機具之選擇

若需針對倒塌建築物深層受困者進行營救時，可使用大型重機具以加速救援速率。而不同的災害情境適用的機具種類亦不同，需要全面評估後方能下定決策（劉晶晶、寧寶坤、呂瑞瑞與胡杰，2017）。在操作方面，因重型機具操作面積大，且一旦失誤容易對被困人員造成二次傷害，所以設備操作人員必須相當專業與熟練，方能在專業技師的指示下精確地完成各項救援作業，以達到萬無一失（鄧志濤、劉強，2012）。

受訪者 C：以傳統破壞性較強的重機具要配合搜救，其實是很危險的，而我們這次選取的大鋼牙，他適合局部破壞的特性，正好可運用在協助搜救…。

受訪者 D：…而大鋼牙的破壞力較小，…可以幫助搜救人員清除障礙，增進搜救的速率。（大鋼牙）這種機動性高且體積不過於龐大的機具，…比較可以將傷害降到最低。

受訪者 E：…（大鋼牙）特別是在一些比較危險或不易施工之處，可做局部較精細的施工及破壞…，大大降低衝擊和破壞力。…決定大鋼牙是工務局長（現任副市長）跟土木、建築、結構、廠商等各方專家甚至學者教授共同討論，用哪種方式會最適合現場情形，後來結論出來選擇了大鋼牙做為主要執行此任務之機具。

受訪者 F：用大鋼牙來咬碎混凝土與局部破壞才是適合的。

受訪者 G：維冠大樓事件的重點不是拆除及清理，而是營救受困者，因此必須考慮到該如何避免危及受困者，以及搶救上的黃金時間，所以就使用大鋼牙那一類的器材。

三、重機具介入時機之考量

重機具介入的時機在每場災害皆不相同，此次 0206「維冠金龍」大樓倒塌搜救事件為臺灣首次於災害初期（64 小時）即啟動重機具，針對此一突破性作為，訪談關鍵指揮決策者及專業技師考量之重點，並列述於下。

受訪者 A：...要充分討論，如何拆除才能避免二次倒塌，...相當重要的。
救災效率與效能考量之外，最重要的還是安全的問題....。

受訪者 B：每場災害的類型都不相同，無法一概而論，但若是當所有的人力及輕型機具已經到達了搜救的極限時，就可以考慮使用重機具來配合搜救。

受訪者 C：不是因為人力及輕機械搜救到達瓶頸就貿然啟動，現場有十幾位專業的建築師及結構專家共同評估討論，...要如何拆才會安全？經過多次開會討論及評估後，才執行這個計畫，以避免二次倒塌為第一要務，因為裡面還有許多受困人員。...若儀器都沒有發現生命徵象，或是生命徵象顯示是在更底層，人力已經無法接近...，就是我們啟動重機具的時機。

受訪者 D：從這次經驗...我強烈的建議如果 72 小時內已經無法靠人力搜救出受困者時，與其空等浪費黃金救援時間，倒不如審慎評估提早啟動重機具...。

受訪者 E：這些決策都是經過各方領域的專家提供的意見...。72 小時雖然是人可能存活的時間，但如果我們沒有清除壓迫他們的建築結構體，把他們救出來，他們一樣會失去生命。

受訪者 F：是否於 72 小時內重機具配合救災，我覺得必須要謹慎評估。以這次的案例，我覺得大多數的人應該在第一時間就已經喪命，因為空間太小...。

四、專業技師之重要性

現今建築結構日趨複雜，倒塌型態不一且形式多樣化對搜救人員而言是相當大的挑戰。儘管工程專家們透過震災現場調查、結構抗震試驗、數值模擬分析等，歸納出結構破壞和倒塌分析等相關理論。但是，在災害現場分秒必爭的情況下，仍然多停留在依靠專家經驗的定性分析水平上（王東明、聞明、步兵與榮建玲，2010）。

震災救援工作是一項複雜又危險的系統工程，需要各方專業人員協調合作（單修政，徐世芳，2002），若能與現場土木結構技師共同制訂搜救方案，方能選擇有效又安全的救援設備來進行搜救（劉晶波等人，2006）。

受訪者 C：...「大鋼牙計畫」中，每部重機具皆配有兩位搜救人員輔助觀察，另外還有結構技師持續評估是否會造成二次坍塌，每個動作都經過專業人員的雙重確認。

受訪者 E：重機具進入有許多重要的因素必須考量，需要與結構等專業人員進行討論，要如何拆、從哪裡拆？這都需要依賴專業人員做判斷。

受訪者 D：...該如何拆解才不會破壞它現有的平衡，...是屬於結構專業，...以我們的專業判斷去指導現場的搜救人員，...才能避免因為順序錯誤而導致建築物再次倒塌。

受訪者 F：現場技師公會人員會共同討論，看哪裡進去比較適合，...比較能避免二次倒塌的問題。

五、重機具整備

現場搜救使用的小型破壞器材通常為各地消防隊的標準設備；而一些較大型的機具如吊車、挖土機等等，則需由政府統一調集（馬林，2012），以及時提供搜救任務使用。

受訪者 E：開口契約的擬定，通常是依照今年或去年度的經驗去預估，...來簽訂明年的契約。像 0206 這種大型突發的災害，開口契約廠商是不足以應付的。找全臺灣、尤其是南部較為大型及有名的廠商，將我們需求的重機具種類告知他們，...等完成後再計價。

受訪者 G：一個災害現場，往往需要用到多種不同功能的設備來互相配合，例如維冠大樓的事故中，怪手與大鋼牙在現場同時作業，另外也有小型的山貓及挖土機...

六、「大鋼牙計畫」之評價

重機具於此次 0206「維冠金龍」搜救任務中，指揮決策者與土木、結構專家對執行過程的整體評價。

受訪者 A：...這次工務局提供的大鋼牙，也是經過了相當多次的討論，執行之後發覺到效果不錯，跟以往的重機械進入的情形是不太一樣的，也能將對受困者的影響降到最低。

受訪者 B：...重機具與人工搜索只要配合得宜，是可以大大加快救災速度的。

受訪者 C：...維冠事件後，我深深地認為許多的重機具是可以配合搜救工作進行的，無論是在搜救的中段，甚至是前段，都有可以運用的空間。...「維冠金龍」事件利用大鋼牙輔助搜救確實大大提升了效率，...我估計採行這個計畫大概節省了兩個工作天（30-40 個小時）以上，而且受困者及罹難者都沒有因為重機具進入受到嚴重的二次災害。

受訪者 E：此次重機具扮演的角色是協助救援，而非復原清理，因此也不算是提早動用重機具，而是賦予它一個不同於以往的任務罷了！

伍、結論與建議

一、結論

有鑑於建築物日趨複雜化與高層化，地震更是臺灣無法避免的天然災害之一，如何快速營救倒塌建築物內的人員，避免二次倒塌，將是所有救災單位共同努力的目標。

重機具在此次 0206「維冠金龍」大樓搜救任務扮演相當關鍵的角色，雖然過程中媒體及家屬對重機具之評價有褒有貶，但最後證明重機具的確加速了整體搜救工作之效率，同時也沒有因二次倒塌危及搜救者與受困者之安全，因此得到了救災指揮者一致的肯定。彙整上述訪談之結果，整理出以下結論：

(一) 啟動重機具之必要性

由決策者與專家的訪談內容可知，以此次「維冠金龍」大樓龐大與複雜的建築物型態來說，僅憑人力及輕機械要營救深層受困者，將耗費大量搜救的黃金時間。因此受訪者一致認為啟動重機具協助搜救是必要的，如此才能開拓新的搜救路徑，讓充足的搜救人員持續深入營救，而非於現場空等。

(二) 重機具之選擇

每次災害的情況都不同，而且災害中各階段適用之機具種類亦不同，必須經由專業的人員來判斷。然而在搜救過程中，最大的重點就是要避免造成震動，而傷及內部搜救者及受困者。此次「維冠金龍」事件因尚有多人受困其中，經過工務單位及專業技師群共同討論後，方選取了可執行精細動作與衝擊力較小

的碎石咬合機（大鋼牙）來配合搜救。

(三) 重機具介入時機之考量

因為每場災害的情況皆不同，因此重機具介入的時機無法一概而論，但以此次 0206「維冠金龍」大樓搜救工作來說，指揮官及決策者普遍認為若已達到人力及輕機械搜救瓶頸時，即應考慮配合重機具協助清除大型建築結構，以營救更深層的受困者。

(四) 專業技師之重要性

建築結構物倒塌後變得支離破碎，並維持在一個危險平衡的狀態，若有外力干擾時，可能就會失去目前的平衡狀態，而發生二次倒塌。因此結構拆解的方式及順序，必須仰賴專業技術人員來判斷。

(五) 重機具整備

災害是突發且無法預期的，因此如何在短時間內調度所需的重機具協助搜救，這有賴於平時是否建立相關的資源清冊，並定時更新，以便災害發生時可以立即調度使用。

(六) 「大鋼牙計畫」的評價

此次於「維冠金龍」搜救任務中，針對重機具於救災現場帶來的成效，受到各方的肯定。受訪者一致認為「大鋼牙」在搜救過程中，不僅快速的移除大型建築結構體，未引發二次倒塌，且在罹難者遺體尋獲方面也達到百分之百，實屬相當難得。

二、建議

隨著社會的蓬勃發展，建築物型態及材料也有相當大的改變。救災觀念日新月異，以往所謂的搜救黃金時間 72 小時，也應視現場建築物的材料、結構、區劃以及人員受困的位置等因素，隨時評估及調整，以擬訂出最適當的決策。然而國內對於重機具應用於建築物倒塌事故之研究相當有限，「維冠金龍」大樓事件後才引發各界對此議題之探討。本研究蒐集眾多國外災例與文獻，就是希望能打破過去重機具僅應用於災後復原重建階段的想法，讓人重新省思重機具於災害現場之角色定位。

然而建築物破壞及拆解的過程，如何才能將傷害降到最低、避免二次倒塌，皆有賴於專業技師的協助。美國專業的城市搜索與救援小組(US&R)，其編組內皆包含專業的土木、結構技師，在平時也一同參與救災訓練，以因應事故來臨時能於混亂的災害現場做出最正確的決斷。因此，這也是臺灣應該努力的方向。

由於日趨龐大及複雜的建築形態，重機具於災害事故中扮演之角色，已漸

漸獲得各國的重視。由此次「維冠金龍」大樓搜救成功的案例可知，除了要有熟練與專業的重機具操作者、適合的機具種類外，還須配合專業的技師依整體情況來判定，並提供救災指揮官作為決策參考之依據。因此各級政府平時應建立公私部門之重機具資源清冊，平時更要加強重機具整備與相關人員之教育訓練，以利災害時能立即調度及運用。

災害現場瞬息萬變，每個角色都會影響到救災任務的成敗，因此，搜救人員救災觀念的更新、搜救技術的精進、以及災害現場重機具的選用與操作方式等，皆需要各單位的協調與配合，方能將搜救的成效發揮到極致。

參考文獻

- 王東明、聞明、步兵、榮建玲（2010）地震災害現場救援行動中的安全評估策略及步驟，*國際地震動態*，7：23-31。
- 劉晶晶、寧寶坤、呂瑞瑞、胡杰（2017）震後典型建築物倒塌分類及救援特點分析，*震災防禦技術*，4：63-65。
- 林琮盛（2017）*七個絕不放棄的夜：0206 臺南震災 180 小時救援紀實*，臺南：臺南市政府文化局文創科。
- 姚雪絨（2008）2008年5月12日四川汶川8.0級地震震災及救援簡介，*國際地震動態*，5：1-8。
- 馬林（2012）破壞性地震生命救援的特點及對策研究，*防災科技學院學報*，14（3）：76-79。
- 單修政、徐世芳（2002）地震災害緊急救援問題綜述，*災害學*，17（3）：71-75。
- 黃鳴毅（1999）*921 大震搶救實錄*，2017年6月25日取自於
<http://www.soft-ware.com.tw/m15/c6-2.pdf>。
- 賈群林、陳莉（2012）汶川地震現場救援行動存在問題分析，*上海醫學*，35（7）：619-620。
- 劉晶波、楊建國、杜義欣、張慧英、楊軍、那向謙（2006）國家地震緊急救援訓練基地可控地震廢墟設計 I-結構地震破壞模式，*自然災害學報*，15（2）：149-156。
- 鄧志濤、劉強（2012）淺談建築倒塌事故處置過程中的關鍵環節，*中國公共安全（學術版）*，2：53-55。
- 韓煒、陳維鋒、顧建華、吳欣燕（2012）地震救援行動的影響因素分析，*災害學*，27（4）：132-137。
- Bissell, R. A., Pinet, L., Nelson, M. and Levy, M. (2004) Evidence of the effectiveness of health sector preparedness in disaster response: The example of four earthquakes, *Family & community health*, 27(3): 193-203.
- Chen, A. Y. (2011) *Heavy equipment distribution framework for urban search and rescue operation and critical infrastructure systems restoration in disaster response*, State University of Illinois, Unpublished doctoral dissertation, Urbana, Illinois.
- Peña-Mora, F., Aziz, Z. U. H., Chen, A., Plans, A. and Foltz, S. (2008) Building

assessment during disaster response and recovery, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning*, 161(4): 183-195.
doi:10.1680/udap.2008.161.4.183

McGuigan, D.M., Deam, B.L. and Bull, D.K. (2002) *Urban Search and Rescue and the Role of the Engineer*, Paper presented at the Meetings of the Organization NZ Society for Earthquake Engineering INC, New Zealand.

Shannon, M. (1999) *The Use of Cranes and Heavy Equipment in Rescue and Hazmat*, Retrieved Oct. 7, 2017 from
<http://www.fireengineering.com/articles/print/volume-152/issue-3/features/the-use-of-cranes-and-heavy-equipment-in-rescue-and-haz-mat.html>.

Mizuno, Y. (2001) *Collaborative Environments for Disaster Relief*, Massachusetts Institute of Technology, Unpublished doctoral dissertation, Massachusetts.