

重機具介入災區搜救時機之探討－ 以 2016 年美濃地震為例

A Research on the Rescue Decision-Making of Applying Heavy Rescue Equipment after an Earthquake Disaster - A Case Study of the 2016 Mw 6.4 MeiNong Earthquake

吳榮平*、曾瑞曲**

Zong-Ping Wu、Rui-Qu Tseng

摘要

2016 年 2 月 6 日美濃地震導致 117 人死亡，其中，位於台南市永康區「維冠金龍」大樓倒塌，死亡人數即占其中的 115 人，是臺灣史上因單一建築倒塌傷亡最慘重的事件。本文試從地震災區搜救及重機具應用相關文獻，組構應用重機具於地震災區搜救的決策框架，藉由以專家意見為主的修正式德爾菲法收斂與確認因子後，再利用層級分析法解析各構面與因子之權重，以提供指揮官進行決斷時的參考依據。本研究選取 13 位「維冠金龍」搜救工作的重要指揮、決策者進行問卷調查，依構面及因子權重值的排序結果可知，「現場安全」構面是決策者應用重機具時的首要考量，無論是搜救者、受困者安全或周圍環境安全之權重值都相當高，此結果與國內外救災準則中皆強調救災安全之前提是相符的。由於重機具應用於地震災區大型建築物倒塌搜救已是無法避免之趨勢，如何適當妥善的運用以增進搜救速率、營救深層受困者，值得深入研究與探討。

關鍵字：美濃地震、重機具、搜救決策、層級分析法

Abstract

The Meinong Earthquake, occurring on February 6, 2016, caused the collapse of the Yongkang - Wei Guan building in Tainan City, leading to the death of 115 people. In this paper, the aim is to facilitate the rescue commanders to make the decision by

* 中央警察大學防災研究所副教授

** 中央警察大學防災研究所研究生

constructing the framework of decision on how to apply the heavy machinery on the search and rescue in earthquake-stricken areas based on three main methods. The first method is the thorough literature review with the similar topic. Next, the modified Delphi method, mainly composed of expert opinions, is employed to converge and confirm the factors. Finally, AHP (The analytic hierarchy process) is applied to provide a numerical weight or priority to each element in the different facets in the hierarchy system.

In this study, 13 main commanders and decision makers, dedicated to the rescue mission of Yongkang - Wei Guan building, are selected to respond to the questionnaire survey, to further obtain the numerical weight and priority to each element in different facets. The result of the survey indicates that the facet of “site safety” is the primary consideration for decision makers when using the heavy machinery, including the safety of rescuers, the safety of the trapped persons and the safety of the surrounding environment. Furthermore, this outcome is consistent with the prerequisites for the disaster rescue both in the domestic and international disaster rescue guidelines. It is the inevitable trend to apply the heavy machinery on the search and rescue in earthquake-stricken areas with collapsing large buildings. Therefore, it is an issue worthy of research and discussion on how to properly use heavy machinery to speed up search and rescue, especially for victims trapped in the deep underground.

Key words : MeiNong earthquake, heavy machinery, rescue decision, analytic hierarchy process

壹、前言

近年來，台灣地區地震災害頻傳，2016年2月6日的美濃地震造成台南市永康區「維冠金龍」倒塌及嚴重傷亡仍歷歷在目，卻在兩年後的同一天（2018年2月6日），再度發生芮氏規模5.8的花蓮地震，造成花蓮地區多棟建築物傾斜倒塌及人員受困，也使現場指揮官及決策者再度面臨挑戰。國內具體就重機具介入大規模建築物傾倒搶救的探討，出現於1999年921集集地震時倒塌的台北市「東星大樓」災區搶救報告（黃鳴毅，1999）。集集地震全台共計有2,415人死亡，5萬多間房屋全倒，其中又以中部地區受災最為嚴重。而台北市倒塌的「東星大樓」救援工作進入第四天時，為加快搜救受困於建築物內部之民眾，決定以大型電鑽配合重機具自頂層由上而下逐層切割，拆除搬離，以加速救災進度。

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，北緯 22.92 度、東經 120.54 度）發生芮氏規模 6.6 之地震，因「場址效應」的關係使得台南災情慘重，其中永康區的「維冠金龍」大樓倒塌事件，造成 115 人死亡，是台灣史上單一建築物死傷最慘重的案件（如圖 1 所示）。

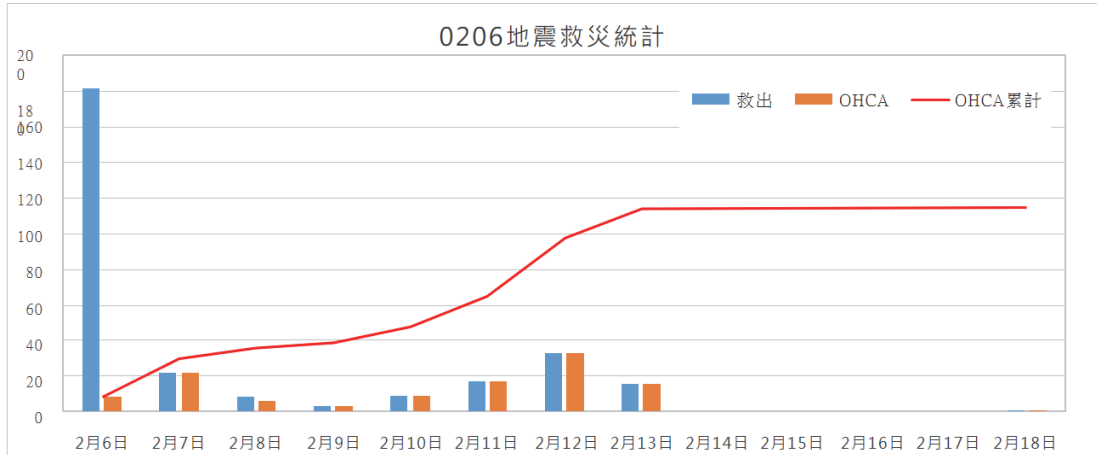


圖 1 0206 臺南市政府消防局地震災害「維冠大樓」搶救統計圖

資料來源：台南市政府消防局，2016

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，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。因此現場指揮官專業研判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。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（如圖 2 所示）。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。此次救援工作在震後 64 小時即配合碎石式咬合機（俗稱大鋼牙）共同進行，藉由大鋼牙局部剝離建築物，提升搜救人員工作空間，且搭配生命探測儀或搜救犬偵測生命跡象，倘發現受困民眾，立即改以人力操作輕型機械救援，大幅提升了搜救效率（林琮盛，2017）。

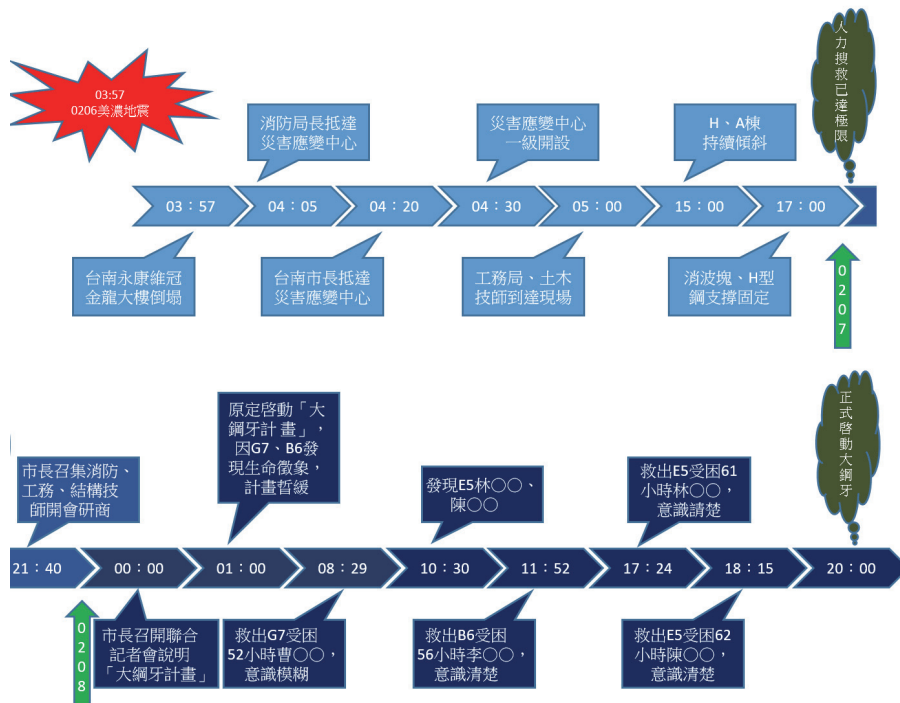


圖 2 救災時序表

資料來源：本研究自行繪製

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，當發生大規模建築物傾倒的破壞性災害，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，可能導致死亡率增加 (Chen, 2011)。劉晶波等人 (2006) 指出針對以往救援案例中，受困者存活率與救援時間之關係進行分析可發現，在震災傷亡中有 50-60% 的人是震後得不到及時救助而死亡的。大部分的生還者都是在 24 小時內獲救的，若超過 72 小時，存活率將降到 30% 以下 (California Seismic Safety Commission, 2006)。美國 DHS 的 CERT Basic Training Participant Manual (2011) 中也提到，災後的 24 小時稱為 "Golden Day"，此時救出的傷者或受困者存活率達 80%，這充分說明了在地震發生之後迅速展開救援工作的重要性，通過適當即時的緊急救援，可大大降低震後人員死傷的比率。重機具的角色並非為破壞，而是在快速移除大型建築結構，開拓新的救援空間與路線，以利搜救人員深入營救受困者。以「維冠金龍」大樓倒塌的搜救為例，在災後 180 小時即找出所有的受困罹難者，且保持所有罹難者遺體的完整性，相較於過去的震災經驗 (如表 1 所示)，此次的救災效率深受各界肯定。

0206 美濃地震造成的「維冠金龍」大樓倒塌及嚴重傷亡仍歷歷在目，卻在兩年後的同一天，再度發生規模 5.8 的花蓮地震，造成多棟建築物傾斜倒塌及人員受困問題，也使現場指揮官及決策者再度面臨挑戰。因此，面對日趨複雜的建築物型態，重機具應用於地震災區配合搜救已是無法避免的。如何在混亂的現場掌握重機具介入的適當時機與方式，兼顧人命安全與救災效率，將是值得探討的課題，也是促進本研究進行的主要動機。

表 1 國內重機具介入災區搜救案例介紹

	雲門翠堤大樓	維冠金龍大樓	東星大樓	博士的家
地震	0206 花蓮地震	0206 美濃地震	921 集集地震	921 集集地震
地震規模	6.4	6.4	7.3	7.3
災區位置	花蓮縣花蓮市	台南市永康區	台北市松山區	新北市新莊區
建築物面積	721 平方公尺	13,142 平方公尺	11,259 平方公尺	6,500 平方公尺
樓層數	總樓層為地上 12 層、地下 1 層	由 A 棟-I 棟等 9 棟大樓組成，13 層以上，地下 1 層。	總樓層為地上 12 層、地下 2 層	12 層住宅大樓，分為 A、B、C 三棟。
搜救時間	2017 年 2/6-2/11 (8 天) 停止搜救工作 2/13-3/1 雲門翠堤大樓拆除作業	2016 年 2/6-2/13 (8 天) 結束搜救並完成災區復原清理	1999 年 9/21-9/30 (10 天) 停止搜救工作	1999 年 9/21-9/30 (10 天) 停止搜救工作
傷亡狀況	17 人死亡、 295 人受傷、 無人失蹤	115 人死亡、 175 人受傷、 無人失蹤	73 人死亡、 138 人受傷、 14 人失蹤	45 人死亡、 121 人受傷、 7 人失蹤
重機具啟動時間	13 日起以重機械進行挖掘 (事發 7 天)	8 日起以重機械進行挖掘 (事發 64 小時)	24 日起以重機械進行挖掘 (事發 4 天)	25 日起以重機械進行挖掘 (事發 5 天)

資料來源：作者整理

貳、國內外災例回顧

國內就重大災難事件以重型機具輔助重災區搜救的討論，以 1999 年 921 集集

地震時台北市「東星大樓」倒塌現場最為人所知的搜救經驗，就在重機具進行開挖的第 2 天（震後第 6 天）中午，孫氏兄弟在受困超過 130 小時的傾倒廢墟大樓中奇蹟似地獲救生還。然而，究竟在什麼條件下必要斷然決定利用重機具介入災區搜救，在 0206 美濃地震時的「維冠金龍大樓」倒塌現場搜救過程出現不少爭辯，雖然當時在震後 64 小時即下令重機具進入協助搜救，但過程十分審慎且因故斷斷續續，一直到 72 小時之後才全面介入救災行列。以下，分別介紹國內外幾起重大災害事故中，關於災後受損建築物人命搜救成效的概況分析（內容綜整如表 2 所示）：

表 2 重大災害事件受損建築物人命搜救成效的概況分析

年代	事件概述
1989/07/28 舊金山 大地震	<ul style="list-style-type: none"> · 20 世紀美國大陸經歷的第二次最大地震，地震中死亡人數超過 270 人，經濟損失估計 10 億美元。 · 早期到達的城市搜救隊面臨的一大挑戰即為<u>缺乏重型機械</u>。<u>重型機械在災後應變時期扮演關鍵的角色，必須有效的定位、分配及配置，以滿足都市搜索與救援（US&R）的需求（Chen, 2011）。</u>
1995/04/19 奧克拉荷 馬爆炸	<ul style="list-style-type: none"> · 這起爆炸案共計導致 168 人死亡，超過 680 人受傷，324 幢建築物受損或被毀，共計造成至少 6.52 億美元的損失。 · 此次事件發生後，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，<u>大大削減了救援時間和加速災後復原工作的進行（Shannon, 1999）。</u>
1999/09/21 集集 大地震	<ul style="list-style-type: none"> · 戰後臺灣傷亡損失最巨的自然災害，計造成 2,415 人死亡，29 人失蹤，11,305 人受傷，51,711 間房屋全倒，53,768 間房屋半倒，經濟損失難以估計。 · 全臺多處大樓倒塌，其中，臺北「東星大樓」倒塌現場在震後第 4 天<u>首先引進重機具協助救災，並成功在第 6 天救災 2 名受困生還者（黃鳴毅, 1999）。</u>
2008/05/12 汶川 大地震	<ul style="list-style-type: none"> · 汶川大地震的地震規模為 7.9，嚴重受災的縣區達 44 個，受災鄉鎮 1061 個，共造成 69,227 人死亡，37,4643 人受傷，17,923 人失蹤（姚雪絨，2008）。地震造成四川、甘肅、陝西等省的災區直接經濟損失共 8,451 億元人民幣。 · 由於有限的裝備無法應付大量的需求，搜救行動受到許多限制，迫使到達現場的救援人員只能徒手挖掘倖存者，欠缺專業救難設備與重型機具，導致救援進度遲緩。

	<ul style="list-style-type: none"> · 因擔心對受困者造成二次傷害，而不敢輕易實施破壞、頂舉等救援行動，最終導致整個救援行動顯得被動而緩慢，一些從倒塌建築中被救出的傷患因得不到及時的醫治，使得傷情加重，甚至死亡（賈群林、陳莉，2012）。
<p>2010/01/12 海地 大地震</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 海地地震芮氏規模 7.0，造成 31 萬多人死亡，30 多萬人受傷、130 萬人流離失所（國際線上，2010）。 · 現場搜救人員的資源與設備有限，並且沒有適當的重型設備，使搜救工作受到重重阻礙（Chen, 2011）。臺灣支援的援救隊在震後第 6 天在災區偵測出受困災民位置，<u>與具有重機具的美國搜救隊合作，成功救出第 1 名受困災民</u>，是臺灣搜救隊國際支援救災首次成功救出受困災民。本次任務共計成功救出 2 名受困災民。

資料來源：作者整理

一、舊金山大地震

1989 年 10 月 17 日，美國舊金山發生規模 6.9 的大地震，死亡逾 270 人。這是 20 世紀美國大陸經歷的第二大地震，僅次於 1906 年聞名全球的舊金山 8.3 級大地震。災後到達現場的城市搜救隊面臨到的問題即為缺乏重型機械，因此無法執行即時且有效的救援；因重型機械在災後應變時期扮演關鍵的角色，必須有效的定位、分配及配置，方能滿足都市搜索與救援的需求（Chen，2011）。

2006 年 04 月 18 日一份名為「當大地震再次襲來」的報告指出，如果現在舊金山灣地區再發生一次芮氏 6.9 級的大地震，將有 1,800 至 3,400 人喪生，超過 9 萬棟房屋被毀，25 萬個家庭無家可歸，損失高達 1,500 億美元。其中，僅在舊金山一市與建築有關的損失就將達到 340 億美元，報告中更直指若再次發生大地震，老舊建築倒塌或懸空物體墜落將是造成人員死亡的主要原因（華人百科，2006）。

二、奧克拉荷馬爆炸案

1995 年 4 月 19 日，美國奧克拉荷馬市市中心 Alfred P. Murrah 聯邦大樓遭受到美國本土恐怖主義者的炸彈襲擊，共計導致 168 人死亡，另有超過 680 人受傷，還令方圓 16 個街區的 324 幢建築物受損或被毀，86 輛車遭燒毀或由衝擊波摧毀，震碎了附近 258 幢建築物的玻璃，共計造成至少價值 6.52 億美元的破壞，是 2001 年的九一一襲擊事件發生前，美國本土所遭受最為嚴重的恐怖主義襲擊事件。

事件發生後，地方、州、聯邦和世界各地的機構都開展了大量的救援工作，全美各地都捐出大筆款項。聯邦緊急事務管理局派出包含 665 名救援人員的 11 支城市搜索與救援任務組開展搜救和恢復工作。為快速營救受困者，當局採用起重

機和其他重機具投入救援工作，配合專業人員熟練的操作，大大削減了救援時間和加速災後復原工作的進行（Shannon，1999）。

三、集集大地震

集集大地震（通稱 921 大地震），發生於 1999 年 9 月 21 日上午 1 時 47 分，芮氏規模 7.3，造成臺灣全島均感受到嚴重搖晃，共持續 102 秒，乃臺灣自二戰後傷亡損失最大的自然災害。此地震造成 2,415 人死亡，29 人失蹤，11,305 人受傷，51,711 間房屋全倒，53,768 間房屋半倒。不但人員傷亡慘重，也震毀許多道路與橋樑等交通設施、堰壩及堤防等水利設施，以及電力設備、維生管線、工業設施、醫院設施、學校等公共設施，更引發大規模的山崩與土壤液化災害，其中又以臺灣中部受災最為嚴重。

在台北地區也有災情傳出，分別為「東星大樓」及「博士的家」。地下 2 層、樓高 12 層的「東星大樓」是台北市受災最嚴重、也是唯一倒塌的建築物。「東星大樓」是整個 921 大地震中，首先引進重機具協助救災的重災區（黃鳴毅，1999），當時的考量是過了「黃金救援 72 小時」之後，以加快搜救進度為主。而位於臺北縣新莊市「博士的家」由於未按圖施工，建築安全係數未達一半標準，因此不堪地震而倒塌，造成 45 人罹難，在事發後五天啟動重機具協助搜救。

四、汶川大地震

汶川大地震發生於 2008 年 5 月 12 日 14 時 27 分，震央位於中國四川省，根據美國地質調查局（U. S. Geological Survey, USGS）的數據顯示地震規模為 7.9，嚴重受災的縣區達 44 個，受災鄉鎮 1061 個，共造成 69,227 人死亡，37,4643 人受傷，17,923 人失蹤（姚雪絨，2008）。地震造成四川、甘肅、陝西等省的災區直接經濟損失共 8,451 億元人民幣，災區的衛生、住房、校舍、通訊、交通、治安、地貌、水利、生態、少數民族文化等方面亦受到嚴重破壞。

由於有限的裝備無法應付大量的需求，使得災害緊急應變行動受到許多限制，迫使到達現場的救援人員只能徒手挖掘倖存者，欠缺專業救難設備與重型機具，導致救援進度遲緩。大多數省級的地震災害緊急救援隊用於建築破壞、頂撐、起重、生命探測等特種裝備配置量較少，因此若發生大規模災害，有多個救援現場需同時展開救援時，救災器材明顯不足。且當地震導致樓房整體坍塌、墜落，大量的橫梁、牆板相互疊壓在一起，現有的起重氣墊、液壓擴張器、液壓頂桿等輕型裝備根本無法快速施救，嚴重影響了救援工作的效率。另外現場救援人員亦因擔心對受困者造成二次傷害，而不敢輕易實施破壞、頂舉等救援行動，最終導致

整個救援行動顯得被動而緩慢，一些從倒塌建築中被救出的傷患因得不到及時的醫治，使得傷情加重，甚至死亡（賈群林、陳莉，2012）。

五、海地大地震

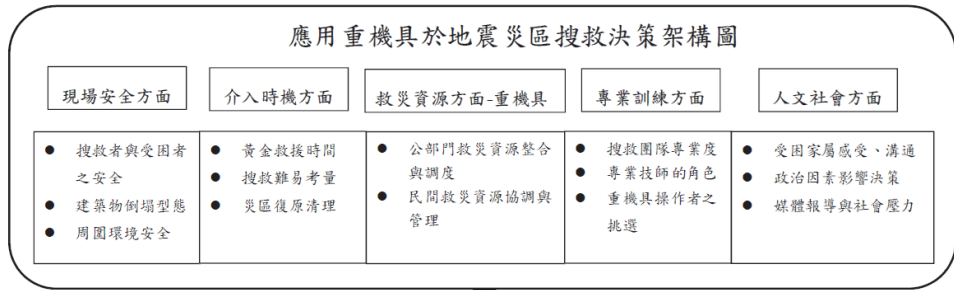
海地大地震發生於 2010 年 1 月 12 日 21 時 53 分，芮氏規模 7.0。震央距離首都太子港西南方 25 公里，震源深度僅約 13 公里，屬淺層地震。據美國地質調查局資料顯示。震後在 1 小時內出現多次餘震，其中 2 次達到規模 5.5 及 5.9（國家災害防救科技中心，2010）。

官方預計總死亡人數約 30 萬人，受影響人數達 300 多萬人。首都太子港大量建築物嚴重受損或倒塌，多棟公共建築和設施都被地震摧毀。全國 15,000 所小學和 1,500 多所中學當中，約有半數遭地震摧毀，太子港的 3 所大學也遭到了毀滅性的破壞。另外也有許多醫院倒塌，病患都被移至戶外緊急避難；地震也引發山崩及走山情形，且有多起震後建築物火災的事故發生（國家災害防救科技中心，2010）。海地大地震時由於資源與設備有限，並且沒有適當的重型機具，使得搜救工作遭受重重阻礙（Chen，2011）。臺灣也派遣由消防署特種搜救隊 11 人、台中縣消防局特搜隊 11 人，以及高雄市消防局特搜隊 1 人，共 23 人，加上「阿麗」、「能搜」2 隻搜救犬，組成聯合特種搜救隊，並攜帶鑿孔機、生命探測器等搜索器材，重量總計 2000 公斤，經多明尼加陸路趕抵海地首都太子港投入搶救工作，並在震後第 6 天在聯合國維和部隊辦公室附近一棟倒塌建物偵測出受困災民生命跡象和位置，與備有重機具救援裝備的美國搜救隊合作，成功救出第 1 名受困災民，是臺灣搜救隊近年來參與國際支援救災行動，首次有成功救出受困災民的實績。本次任務共計成功救出 2 名受困災民。

參、研究設計與方法論

一、研究架構

回顧過去相關文獻，應用重機具於地震災區搜救需要考量的因子有很多，檢視影響重機具介入倒塌建築物搜救現場之決策考量因子，包括：「現場安全方面」、「介入時機方面」、「救災資源方面」、「專業訓練方面」及「人文社會方面」等五大構面（研究架構如圖 3），設計第一回合德爾菲問卷，問卷架構圖如圖 4，各構面因子之定義如表 3 所示。



「維冠金龍」事件之「大鋼牙」搜救決策

圖 3 研究架構

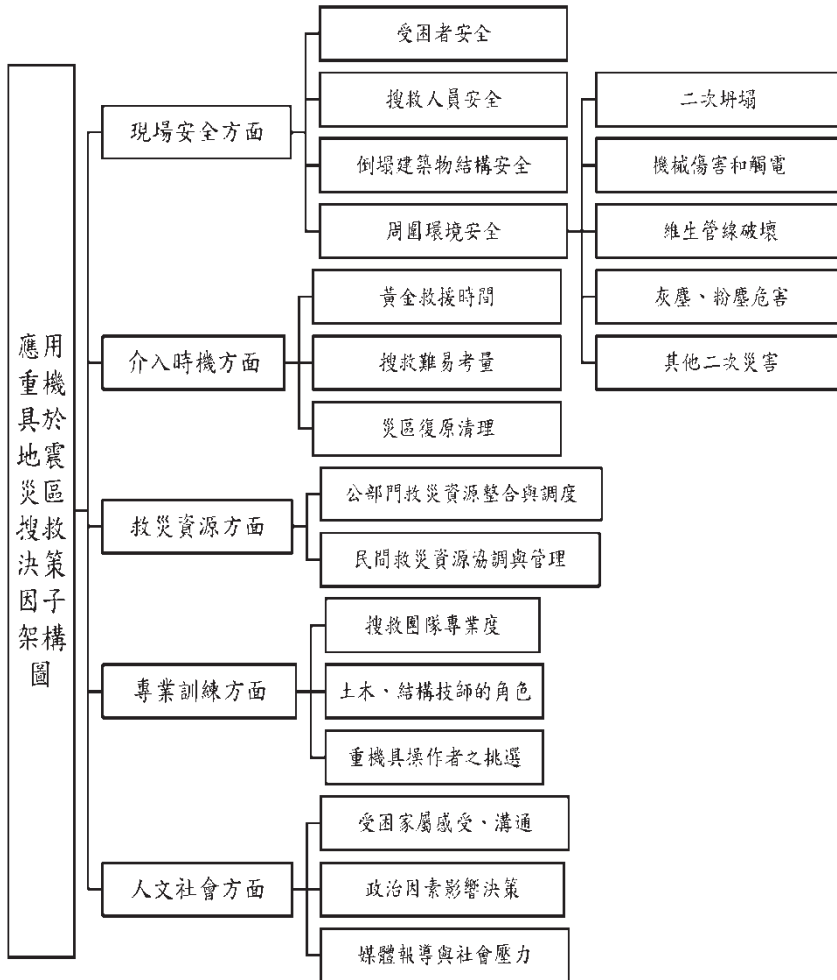


圖 4 修正式德爾菲法問卷架構

表 3 應用重機具於地震災區搜救決策之構面與因素內涵說明表

構面	因素	因素內涵	資料來源
現場安全方面	受困者安全	運用重機具於地震災區倒塌建築物搜救工作時，必須留意受困於建築物內人員之安全。	王東明等 (2010) 劉晶波等 (2006) 鄭添添 (2015)
	搜救人員安全	運用重機具於地震災區倒塌建築物搜救工作時，指揮權需統一，溝通聯繫即時順暢，與搜救團隊充分配合，以免不慎危及搜救人員之安全。	DHS (2011) 王東明等 (2010) 劉晶波等 (2006) 鄭添添 (2015)
	倒塌建築物結構安全	重機具介入時須考量建築物倒塌型態及穩定性等，方能採行最適合的搜救方案。	Calland (2005) DHS (2011) 劉晶波等 (2006) 韓煒等 (2012)
	周圍環境安全	重機具介入災區搜救可能引發的二次災害，如二次坍塌、維生管線破壞、粉塵危害、火災、爆炸...等情形。	Macintyre, Barbera & Smith (2006) 伊小朵 (2012) 吳政龍 (2016) 施永壽 (2011) 馬林 (2012)
	搜救難易考量	倒塌建築物之體積大小及結構材料是重機具是否介入之重要考量因子，若為鋼筋混凝土等強度大、破壞困難之建材，需慎重考慮運用重機具來增進搜救速率。	李亦綱、張媛、李志偉 (2010) 馬林 (2012) 單修政、徐世芳 (2002) 賈群林、陳莉 (2012) 鄧志濤、劉強 (2012)
介入時機方面	黃金救援時間	國內外諸多災例皆顯示災後 24 小時生存機率最高，而後因現場環境諸多變數及受困者自身身體狀況而成不同比率急速下降。因此對於建築物內深層受困者而言，儘速移除上方之大型倒塌建築結構就顯得相當重要。	California Seismic Safety Commission (2006) DHS (2011) McGuigan, et al. (2002) 單修政、徐世芳 (2002) 鄭添添 (2015) 劉晶波等人 (2006)

	災區復原清理	各種災害過後，為盡速恢復原本的生活狀態，往往會使用重機具來進行災後復原與清理。因此傳統上重機具多於災後復原重建階段進入災區作業。	台南市政府 (2016) 自由時報 (2016)
救災資源方面-重機具	公部門救災資源整合與調度	公部門之重機具資源屬內政部營建署管轄，平時即應登錄於救災資源管理系統 (EMIC)，災時即可立即調派至災害現場供指揮官調度運用。	馬士元、林永峻 (2012) 國家災害防救科技中心 (2017)
	民間救災資源協調與管理	各縣市政府平時即應建立民間重機具及技術人員清冊，掌握重機具之數量、種類及位置，以便災害發生時能立即徵調使用。	國家災害防救科技中心 (2017)
	搜救團隊專業度	災害現場之搜救團隊皆應為有登錄之正規及專業團隊，且願意服從現場指揮官之指揮與調度，方能與現場搜救之重機具充分配合，而不至於在重機具介入搜救時衍生其他搜救風險。	McGuigan, et al. (2002) 馬林 (2012) 賈群林、陳莉 (2012) 劉晶波等人 (2006) 韓煒等 (2012)
專業訓練方面	土木、結構技師之角色	倒塌建築物之評估及重機具介入之位置點與方式，皆須經由專業土木、結構技師來判斷。因此，專業技師之角色亦為重機具運用決策中相當重要之一環。	McGuigan et al. (2002) 王東明等 (2010)
	重機具操作者之挑選	重機具操作者的經驗與個人特質 (細心、專注...等) 相當重要，運用重機具協助搜救時，操作上必須非常小心，並聽從技師之指揮與建議，熟練穩妥及快速的移除大型建築結構，避免引發二次倒塌而傷及受困人員。	鄧志濤、劉強 (2012)
人文社會方面	家屬感受與溝通	受困者家屬的情緒大多是焦急與擔心的，因此現場任何搜救決策都需要有專人向家屬們解釋及溝通，讓家屬了解搜救的目標皆為快速及安全地營救受困者，以免家屬於現場情緒激動而影響決策者之判斷。	馬林 (2012) 蔣宜婷、陳貞樺、葉瑜娟 (2016)
	媒體報導與關注	災害現場常有不良媒體捕風捉影製造新聞，這些不實報導將會造成救災現場指揮決策者之壓力，而左右其判斷	徐秋華 (2000) 張賢蘇 (2016) 湯京平、蔡允棟、黃紀

	及決策。	(2002)
政治因素 影響決策	重機具介入搜救的時機點相當敏感，且為各界關注之焦點。若有政治力的介入，將可能影響指揮官之決策。	林照真 (2002) 黃映謙 (2016)

二、研究方法與問卷設計

本研究首先蒐集國內外震災導致大規模建物倒塌相關文獻，歸納整理重機具介入救災應考量之因素，雖然國內外對於震災搜救已有眾多研究，然而並未針對重機具介入救災做深入討論，為避免相關資訊不足，本研究以文獻蒐集整理出重機具於地震災區搜救決策因子，並製作量表進行修正式德爾菲法(Delphi Method)的多回合問卷討論，以參與「維冠金龍」搶救工作之重要指揮決策者、土木結構技師及醫師等組成專家團體，尋求相關意見，期望借重各受訪者親身參與及豐富的救災決策經驗，對問卷指標達成一致性的意見；並在德爾菲法及層級分析法 (Analytic Hierarchy process, AHP) 問卷調查之後，再與部份受訪者進行深度訪談，針對重機具介入震災搜救之面向及重要性深入提問，以建構出一套往後在災害現場可供決策者參考之框架。

(一) 修正式德爾菲法 (Modified Delphi Method)

德爾菲法 (Delphi Method) 為美國蘭德公司 (Rand Corporation) 應軍方邀請所發展的一種長期預測方法，主要適用於資料不足及情況不確定的背景下，無法以量化資料做預測的問題。此研究方法起初用於國防政策之訂定，之後才廣泛應用於環境、工業、衛生及交通等方面之研究，也成為企業界普遍採行的一種專家預測技術及群體決策方法 (Linstone & Turoff, 1975)。德爾菲法是專家群體決策的結果，不需大量樣本，但樣本應具有代表性，以專家的直覺性主觀判斷，在研究的過程中針對所設定之議題，透過匿名專家及不斷書面討論的方式，計量出多數專家的看法，以獲取專家群一致之意見 (Dalkey & Helmer, 1963)，又可稱為專家調查法。美國學者 Crawford & Crositt (1980) 比較德爾菲法和其他決策模式後，發現德爾菲法是一種兼具質量訊息的決策模式，很適合探索性、具爭議性議題之研究，所產生的結果也較其他研究方法更有價值。近年來，我國許多學者亦將此法應用於未來方向之探討或質性績效評估上。

修正式德爾菲法是擷取德爾菲法的精神與優點，把繁雜的問卷進行過程予以簡化，其實施作方法、及統計方式與傳統德爾菲法大致相同。Murry &

Hammons (1995) 提出修正式德爾菲法，以改善典型德爾菲法在施測時較為耗時，且不容易控制進度，專家群的意見也容易產生前後矛盾的狀況。修正式德爾菲法採用大量文獻彙整後發展的結構式問卷，不使用開放式問卷徵詢專家意見，以取代第一階段的調查問卷，如此可以節省大量時間，且能夠集中專家群在研究問題上的注意力，省去對開放性問卷的臆測，並提高問卷回收率。使用修正式德爾菲法能有效的減少偏見而影響研究結果與進度 (Dalkey & Helmer, 1963)。

德爾菲法主要係以統計方式呈現專家小組之意見，因此在統計分析上之資料檢測標準左右研究結果的信度。本研究第二回合問卷係根據第一回合問卷整理而來，並採用李克特五點量表，請受訪者表示對該題項的意見；此五點量表分別為「非常同意」、「同意」、「無意見」、「不同意」及「非常不同意」。此種量表方式可採用眾數及中位數來呈現學者專家意見的集中趨勢，並用四分位差呈現學者專家的變異程度。

本研究之檢測選用四分位差及眾數做為檢測題項是否達到一致性的共識為標準。當四分位差之數值達到高度或中度一致者，被認定為該題項具有專家一致性共識；平均數小於 4 者 (重要) 則刪除該題項；題項未刪除者，則以題項回答之同意程度多者 (眾數)，做為學者專家該題項之同意趨向。過去德菲研究中關於四分位差的數值並一致標準，本研究採用 Holden 及 Wedman 等 (1993) 的看法，當四分位差的數值小於等於 0.6，則視該題項達到高度共識；若有 85% 以上題項達到中度共識以上程度，則可結束調查。

在個別題項的穩定程度檢定方面，本研究採用 Murry & Hommons (1995) 對穩定度的標準，當前後回合在變更人數比例小於 20% 時，便視為題項穩定度達到一致性。在整體問卷一致性檢定方面，則以問卷中 80% 以上的題項均達到專家一致性的同意後，方得結束問卷。再經由專家群認可各因子之重要性及獨立性後，彙整出應用重機具於地震災區搜救決策層級分析架構圖 (如圖 5)，第一層稱為應用重機具於地震災區搜救決策構面，第二層稱為應用重機具於地震災區搜救決策因素，將收斂後之因子建立符合層級分析法之層級架構，再進行 AHP 問卷之設計與發放。

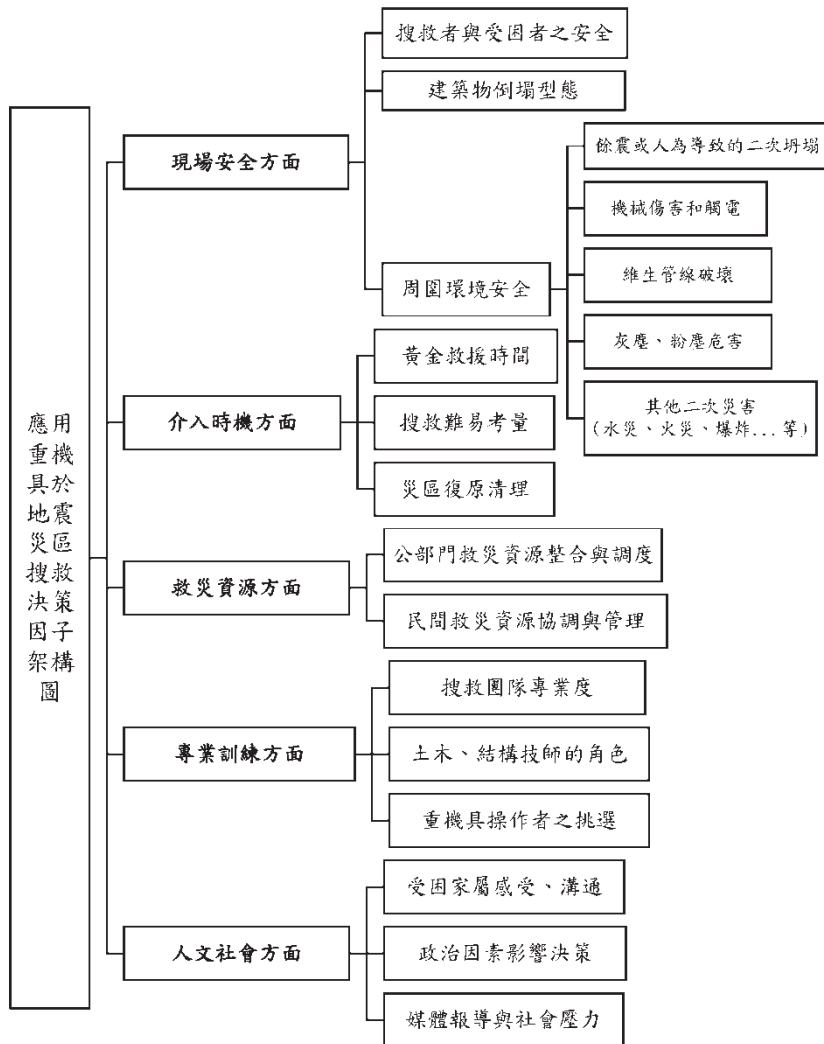


圖 5 AHP 問卷層級架構

(二) 層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)

層級分析法主要應用在不確定情況下及具有數個評估準則的決策問題上 (鄧振源、曾國雄, 1989)。當人們遇上複雜度高、難度大的問題需作決策時, 由於人的能力與時間的限制, 無法獲取充份的資訊, 需在有風險、有爭議及不確定因素下作有效的決策, 並且需正確的評估各因素間相關重要性之程度時, 就必須有一套重要的方法來做出有效的決策。本研究藉由大量文獻回顧及參與觀察的結果, 擬訂出重機具應用於地震災區搜救需考量之決策面向, 而這些決策因子間的重要程度及順序, 就可依賴層級分析

法來解答。層級分析法的理論簡單，同時又具實用性，其目的在評估各相關因素而解決複雜的問題，因此自發展以來，已被各研究單位普遍使用，特別是應用在規劃、預測、判斷、資源分配及投資組合試算等方面都有不錯的效果（Saaty & Vargas, 1984）。

為了解重機具應用於地震災區搜救需考量之決策評估系統中，適用於重機具應用於地震災區搜救需考量之決策評估之面向與因素及其相對重要程度，採用層級分析法將所要研究之主題分解並簡化成層級結構，建立初擬之重機具應用於地震災區搜救需考量之決策評估系統，形成本研究之五大構面及 14 項評估因素，後續再透過面向與其下評估因素之成對比較，以求取各階層之相對權重。待構面及項目確立，藉由 AHP 問卷及層級分析法，向救災決策者、工務部門及技師專家等三類進行問卷調查，釐清各面向與項目之權重關係以及三方觀點之落差並進行分析。

本研究之層級分析法問卷施測對象以「維冠金龍」事件中關鍵救災決策者與專業技師為主。一般而言，應用 AHP 法，專家人數不宜太多，以 5-15 人為佳（鄧振源，2005）；而重機具於此次「維冠金龍」事件中介入的時機與方式，主要有賴於消防救災指揮官與工務、專業技師等共同決策。因此，為避免不同領域專家因切入層面不同，而有不同的想法與考量，故本研究邀請 13 位深入參與「維冠金龍」事件之關鍵救災決策者與工務、技師專家進行問卷填答（名單如附錄一），以使問卷調查的結果更加全面性（各項問卷如附錄二～五）。

三、問卷穩定程度與一致性檢定

經過二回合德爾菲問卷施測後，分析結果顯示所有構面與因素的標準差皆小於 1，四分位差除了「周圍環境安全」次因子之「衍生二次災害」為 0.75 外，其餘皆小於 0.6，顯示學者專家間之意見分歧程度低且具有高度的一致性。此外，在成對樣本 t-test 的結果也顯示，所有的構面與因素皆未達顯著差異（ $p>0.05$ ），表示學者專家們在二回合的德爾菲問卷填答中，其前後意見為一致的，沒有差異（如表 4 所示）。

表 4 第二回合修正式德爾菲問卷調查分析結果

構面	因素	標準差	平均數	眾數	四分位差	t 值	顯著性 P<0.05	
現場安全方面	搜救者與受困者之安全	0.0	5	5	0		修改新增	
	建築物倒塌型態	0.41	4.75	5	0.25		修改新增	
	周圍環境安全	0.69	4.30	4	0.5	0.80	0.432	
	周圍環境安全次因子	二次坍塌	0.44	4.77	5	0.25	-1.464	0.164
		機械傷害及觸電	0.60	3.89	4	0.25	0.368	0.718
		維生管線破壞	0.85	3.70	4	0.5	0.808	0.432
灰塵、粉塵危害		0.87	3.59	3	0.5	0	1.000	
	衍生二次災害	0.87	4.00	4	0.75	0.899	0.383	
介入時機方面	搜救難易考量	0.51	4.59	5	0.5	0	1.000	
	黃金救援時間	0.51	4.47	4	0.5	0.565	0.580	
	災區復原清理	0.87	3.59	4	0.5		差異標準誤為 0	
救災資源方面	公部門救災資源整合與調度	0.39	4.82	5	0		差異標準誤為 0	
	民間救災資源協調與管理	0.51	4.47	4	0.5		差異標準誤為 0	
專業訓練方面	搜救團隊專業度	0.24	4.94	5	0		差異標準誤為 0	
	專業技師之角色	0.47	4.70	5	0.5	0	1.000	
	重機具操作者的挑選	0.51	4.47	4	0.5	0	1.000	
人文社會方面	家屬感受與溝通	0.51	4.59	5	0.5	1.000	0.333	
	媒體報導與關注	0.61	4.35	4	0.5	1.000	0.333	
	政治因素影響決策	0.61	4.00	4	0	1.464	0.164	

經過二回合的修正式德爾菲問卷確立應用重機具於地震災區之決策考量因素，共分成五大構面 14 項因素，接著利用層級分析法來建立各因素之權重，以瞭解各構面之間與因素之間的重要程度。AHP 問卷調查前，先針對專家以 E-mail 寄發協助問卷調查之邀請函，當專家們同意協助本研究調查後，再由研究者親訪進行問卷填答，並進行穩定性與一致性的檢定，確認所有構面與因素間之一致性指標（Consistency index, C.I.）皆小於 0.1，表示問卷結果皆具有一致性，且一致性程度令人滿意，方可確保每份問卷皆可使用。

肆、研究結果與討論

本研究計發放 13 份問卷，回收 13 份，回收率為 100%。問卷回收後使用 Expert Choice 進行構面與因素之一致性檢定和權重之運算，並輔以 Excel 繪製圖表呈現結果。

一、整體構面分析

在 13 份有效問卷中，針對應用重機具於地震災區搜救決策的五大構面中，現場安全方面（0.552）是影響重機具於災區搜救最重要的關鍵，其次分別為介入時機方面（0.207）、專業訓練方面（0.104）、救災資源方面-重機具（0.103）及人文社會方面（0.034）（如圖 6 所示）。此研究結果與國內外救災準則中皆強調救災安全之前提是相符的，重機具介入首要考量的即為是否造成安全方面的疑慮，在無安全問題之下，始考量如何輔以重機具增進搜救速率，並營救深層受困者。

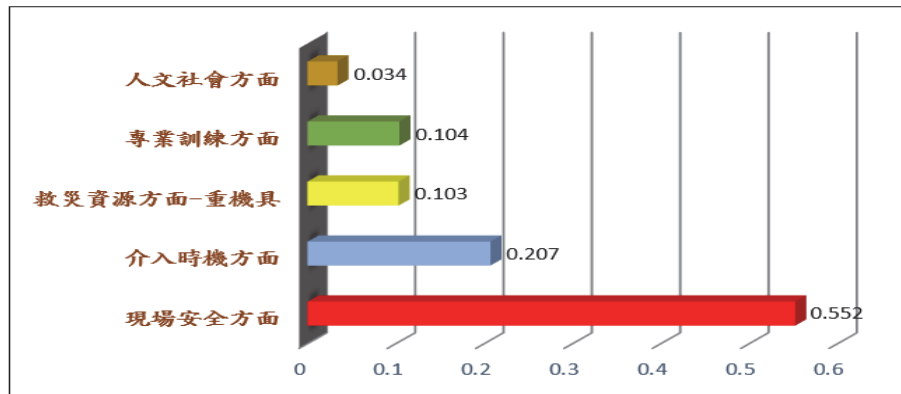


圖 6 五大構面權重圖

二、各構面下因素之權重分析

（一）現場安全面向

在應用重機具於地震災區搜救決策架構之現場安全構面下，專家一致認為「搜救者與受困者之安全」（0.76）是最重要的；其次為考量「建築物倒塌型態」（0.142）是否適合運用重機具協助搜救；另「周圍環境安全」（0.09）亦為重機具運用時需考量之安全因子之一（如圖 7 所示）。此次「維冠金龍」搜救任務中，「大鋼牙」介入時機即為現場已經無偵測到生命徵象後，方動用「大鋼牙」協助移除上方的大型建築結構，以利營救深層受困者。在重機具進入之前，倒塌建築物各面皆須進行支撐與加固，以利「大

鋼牙」之操作。

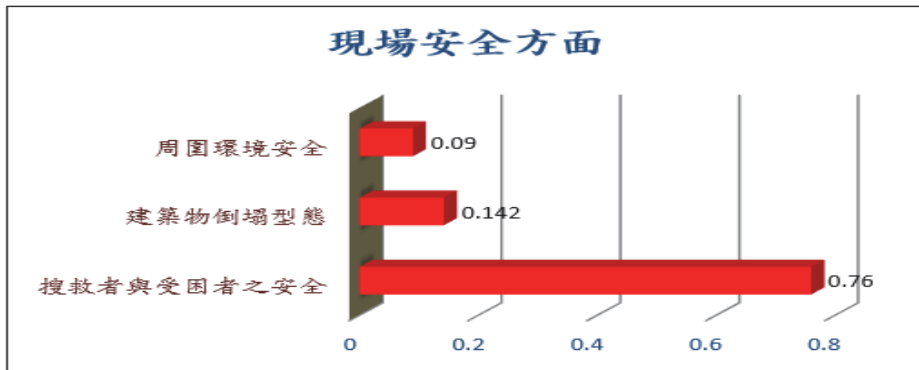


圖 7 現場安全面向因子權重圖

應用重機具於地震災區搜救時需留意到「周圍環境安全」，其中專家認為「二次坍塌」(0.526)為最重要、最需防範的，因此在搜救人員與重機具介入前，即應評估倒塌建築物穩定度，並利用器材進行支撐與固定。在「維冠金龍」搜救任務中，現場救災指揮官發現建築物有持續傾斜之現象時，即下令搜救人員先行撤出，待調集怪手、H 型鋼及消波塊進行支撐後，搜救工作才得以繼續進行。

在地震災害導致建築物倒塌的現場，可能引起水災、火災、爆炸等等災害(馬林, 2012)，且這類「衍生的二次災害」具有同時性、多樣性及多發性之特點，不但會降低結構的強度，同時也增加救援的難度(劉晶波等, 2006)。此次「維冠金龍」搜救任務中，第一時間建築物倒塌導致下方樓層陷入地面，撞破地下水管造成現場淹水，部分罹難者溺水而死。另外在搜救過程中，曾一度瀰漫瓦斯味，推測為「大鋼牙」作業過程中挖到住戶家中的瓦斯桶，現場指揮官立即暫停「大鋼牙」作業，待危機排除後才繼續搜救工作。

另外「機械傷害及觸電」(0.119)也是相當重要的，無論是何種災害現場，在進行開挖等破壞工作前，都要確保現場已經完成斷電。而重機具操作不慎亦會導致「維生管線破壞」(0.069)，而引發停水、停電或瓦斯管線洩漏等情形。「灰塵、粉塵危害」(0.006)的權重較低，因專家普遍認為灰塵及粉塵問題是可以透過灑水及配戴適當護具來降低傷害的，雖然權重較低但仍不可輕忽，因此也是重機具運用於地震災區搜救時需考量的因子之一(如圖 8 所示)。

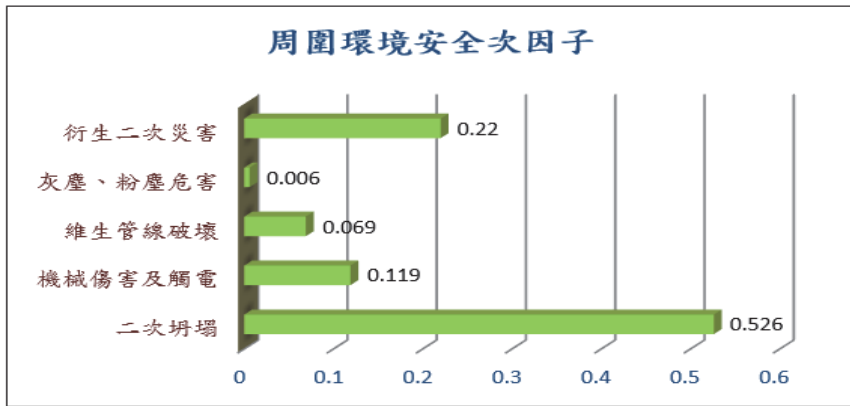


圖 8 周圍環境安全次因子權重圖

(二) 介入時機面向

在應用重機具於地震災區搜救決策之介入時機面向，「搜救難易考量」(0.471)與「黃金救援時間」(0.45)都是專家認為相當關鍵的考量因子，由於日趨複雜化與高層化的建築型態，若只依靠人力與輕機械救援，可能延誤救援時間，對受困者造成更大的傷害（李亦綱等，2010）。「維冠金龍」是一棟住商混合的複合型大樓，地震後呈現粉碎式的倒塌型態，搜救過程中屢遭大型樑柱阻擋搜救通道，無法營救深層的受困者。因此，現場救災指揮官與消防單位、工務單位及專業技師團隊召開聯合會議後，決議於災後 72 小時內即由破壞力較小、且能操作精細動作之「大鋼牙」進入，輔助搜救工作的進行。

重機具於災後復原重建階段扮演相當重要的角色，但因此次「維冠金龍」事件中，「大鋼牙」之任務是搜救而非破壞及清理，因此專家普遍認為「災區復原清理」(0.079)之重要性較前兩項為低（如圖 9 所示）。

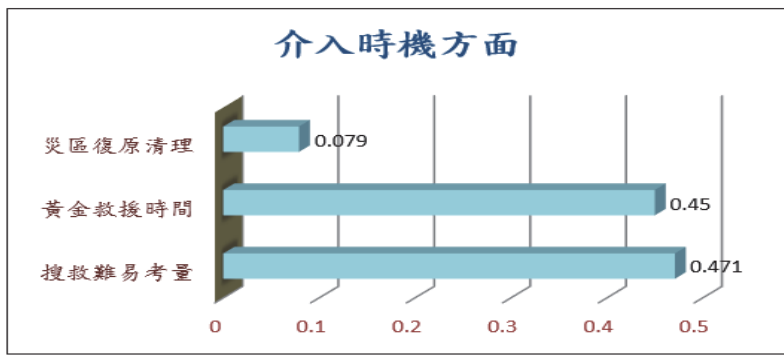


圖 9 介入時機面向因子權重圖

(三) 救災資源面向-重機具

在重機具的救災資源面向，專家普遍認為災後第一時間仍然應以公部門的資源為主，因此「公部門救災資源整合與調度」(0.773) 權重較高。但因「維冠金龍」事件屬於單一災區且救災資源集中，若遭遇類似 921 大地震的規模時，只依賴公部門資源則是遠遠不足的，因此「民間救災資源協調與管理」(0.227) 亦不容輕忽，需在平時即建立完整的資源清冊與聯繫管道，在災害發生時方能立即調度與徵用（如圖 10 所示）。

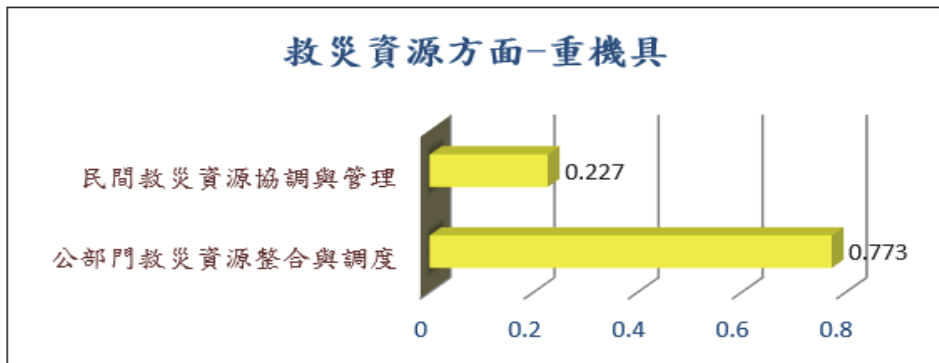


圖 10 AHP 救災資源面向-重機具因子權重圖

(四) 專業訓練面向

在專業訓練面向，專家普遍認為「搜救團隊專業度」(0.654) 是最重要的，在重機具介入搜救的災害現場，需要搜救團隊與重機具密切配合，方能確保搜救工作安全與快速的進行。若搜救團隊未經訓練且不願服從指揮，更缺乏完整的搜救裝備時，將可能影響救災工作的進行，甚至危害自身的安全。「專業技師之角色」(0.224) 也是專家認為在此次「維冠金龍」事件中相當重要的一環，因現場重機具介入的方式與位置，皆有賴具有土木、結構與建築背景的專業技師提供建議，如此方能避免拆除過程中引發二次倒塌，反而傷及受困者的安危。「重機具操作者的挑選」(0.122) 的權重相對較低，因專家群普遍認為能操作重機具之人員本身即受過專業訓練，且此次「維冠金龍」搜救任務中，每部重機具皆配有兩位搜救人員擔任觀察員，二十四小時輪班協助重機具操作人者注意災區的每個細節，因此保持了所有遺體的完整性，不若 921 地震時動用重機具而使現場挖出許多屍塊。由於有重機具觀察員的配置，使得「重機具操作者的挑選」較不屬於決策者優先考量之因子（如圖 11 所示）。

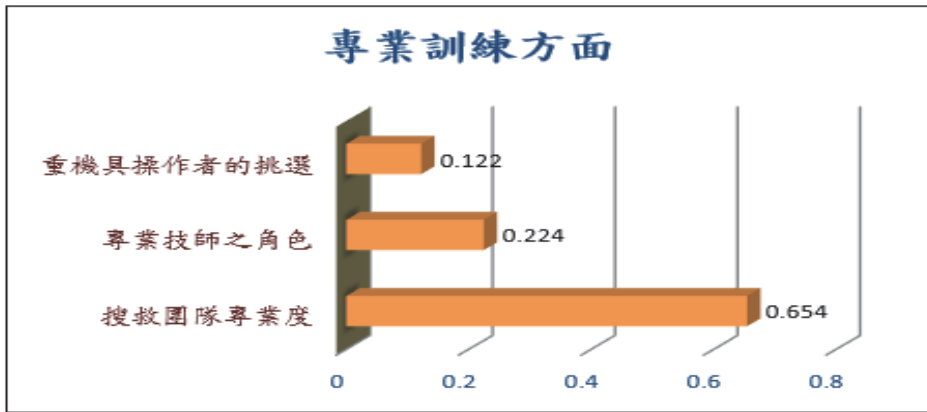


圖 11 專業訓練面向因子權重圖

(五) 人文社會面向

在人文社會面向，「家屬感受與溝通」(0.69)是專家最重視的，救災本應發揮人飢己飢、人溺己溺的精神，因此在「維冠金龍」搜救任務中，受困者家屬與救災單位有暢通的聯繫管道，家屬繪製平面圖提供救災人員搜救時做為參考，救災人員也將受困者視為自己親人般的盡力營救，因此使搜救工作得以順利進行。「媒體報導與關注」(0.171)也是災害現場需要考量的因子，媒體猶如雙面刃，若處理得好，可以帶給民眾即時的資訊，協助建立現場應變人員(或政治人物)正面積極的形象外，還可以避免民眾的焦慮；然而，若與媒體間的關係處理不當，將使媒體自行挖取未經證實的消息，或是報導片段且不實的資訊，進而需要在事後花更多的心力澄清或是更正(張賢龢，2016)。因此在「維冠金龍」事件中，市府有設立新聞小組，定時召開聯合記者會並發布正確即時的官方資訊，且建立與媒體記者共同的LINE群組，隨時提供最新搜救進度，如此一來可避免媒體報導未經證實的錯誤資訊，而引起民眾焦慮或打擊現場救災人員之士氣。「政治因素影響決策」(0.131)是災害現場會面臨的問題之一，而此次「維冠金龍」搜救任務中，每項關鍵決策的擬定都是經由消防、工務與技師團隊共同商討的結果，且「大鋼牙計畫」也由指揮官授權給土木技師公會的鄭理事長全權負責，因此專家認為此因子的影響程度較低(如圖 12 所示)。

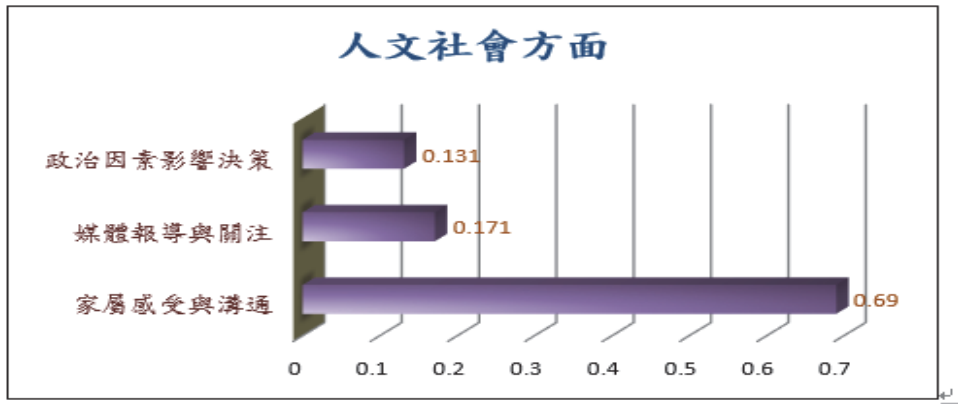


圖 12 人文社會面向因子權重圖

三、整體構面及各因素之權重分析

依據上述構面及指標因素之分析，再將五大構面所得到的平均權重乘以相對應指標因素之平均權重後，可得到整體指標因素的絕對權重及排序，結果顯示調查對象認為應用重機具於地震災區搜救決策的重要因素，權重最高前三名分別為「搜救者與受困者之安全」(42%)、「搜救難易考量」(9.7%)與「黃金救援時間」(9.3%)，三項皆可歸納為對「搜救者或受困者」的安全考慮，顯示在應用重機具於地震災區搜救決策指標因素上，人命安全是首要關注的課題，而「現場安全」面向具有關鍵影響力與決定性之因素。

權重最低前三名分別為「政治因素影響決策」(0.4%)、「媒體報導與關注」(0.6%)與「重機具操作者的挑選」(1.3%)，其中前兩項為「人文社會」面向下之指標因素，顯示訪問對象認為非專業的「人文社會」因素無助於應用重機具於地震災區搜救決策的成形，但影響力是否最低？似乎在 0206 美濃地震時的「維冠金龍」大樓搜救現場所呈現的指揮決策場景中，反而是最大的牽絆，至少在媒體所播報出來的新聞影像中確實是如此。問卷分析結果，或許部份反映第一線救災決策專家（如：救災、土木、結構等專家）對未來救災決策空間的期待（如表 5 所示）。

表 5 層級分析法各構面權重及整體權重與排序表

目標	第二層		因素	各構面		整體		
	構面	排序		權重	排序	權重	排序	
應用 重機 具於 地震 災區 搜救 決策 架構	現場安全 方面 (0.552)	1	周圍環 境安全 次因子	搜救者與受困者之安全	0.76	1	0.420	1
				建築物倒塌型態	0.142	2	0.078	5
				周圍環境安全	0.009	3	0.054	7
				二次坍塌	0.526	1	0.028	
				機械傷害及觸電	0.119	3	0.006	
				維生管線破壞	0.069	4	0.004	
	灰塵、粉塵危害	0.066	5	0.004				
	衍生二次災害	0.220	2	0.012				
	介入時機 方面 (0.207)	2	搜救難易考量	0.471	1	0.097	2	
	黃金救援時間		0.450	2	0.093	3		
災區復原清理	0.079		3	0.016	11			
救災資源 方面 (0.103)	4	公部門救災資源整合與調度	0.773	1	0.080	4		
民間救災資源協調與管理		0.227	2	0.023	9			
專業訓練 方面 (0.104)	3	搜救團隊專業度	0.654	1	0.068	6		
專業技師之角色		0.224	2	0.023	9			
重機具操作者的挑選		0.122	3	0.013	12			
人文社會 方面 (0.034)	5	家屬感受與溝通	0.698	1	0.024	8		
媒體報導與關注		0.171	2	0.006	13			
政治因素影響決策		0.131	3	0.004	14			

伍、結論與建議

一、結論

重大災難事故發生時，第一線救災人員面對受困在傾倒建物下，與死神拔河
的災民，一刻的遲疑都可能是生死的關鍵，如何進行更有效率的災區現場搜救行
動，在災難事件頻傳的台灣，更需要進一步去釐清和決斷。兩次的 0206 地震，都
面臨到受困災民生命安全的確保、迅速安全地讓受困災民脫困、搜救作為不影響
受困災民的安全、以及搜救人員進入搜救時的人身安全保障等，各方因素的牽絆

與權衡，特別是在人力及輕型機具已達受困災民搜救極限時，啟動重機具介入災區加速搜救效率，是無法迴避的選項，本研究即從五大構面 14 項因素對 0206 美濃地震時，參與台南「維冠金龍」大樓塌現場搜救的專家，經由層級分析法解析各構面與因素之權重，以提供指揮官進行決斷時的參考依據。本研究提出研究特發現如下：

(一) 重機具介入搜救時機的構面分析

有關重機具介入災區搜救時機的決策考量構面，無論是受困的災民，或是現場投入搜救的救災人員，安全是首要的考量因素。依據問卷結果，現場安全方面（0.552）是影響重機具於災區搜救最重要的關鍵，是整體權重的第一順位，後依序為介入時機方面（0.207）、專業訓練方面（0.104）、救災資源方面-重機具（0.103）及人文社會方面（0.034）。顯示實際參與現場搜救的專家、認為現場安全與否對於動員重機具介入災區搜救的影響甚大，且其中三項指標因素：搜救者與受困者之安全、建築物倒塌型態及周圍環境安全，在整體系統十四個指標因素中，更佔有 55.2% 以上的權重。這也符合以人為本的搜救原則，在考量運用重機具進入災區協助搜救任務時，強調安全第一，無論是受困災民的搜救，或是進入災區搜救的救難人員，搜救者、受困者的安全是所有決策最主要的考量，重機具介入首要考量的即為是否造成安全方面的疑慮，當然，可以達成現場安全的搜救環境，介入的時機、專業能力的養成以及適合的救災資源投入，是最為根本的條件，這些，都有助於災區搜救現場的環境監測、安全補強與風險管控，除可避免意外發生外，也可以更有效率的方式潛入災區搜救，提高受困災民獲救的機會。至於災民家屬、新聞媒體、以及政治力的干擾似乎在專家問卷的回饋上並未受到特別的重視（0.034），或許這也是專家的專業堅持，至於其他非救災專業的人文社會面向的紛擾，就留給政治人物去評判。

(二) 重機具介入搜救時機指標因素分析

1. 在現場安全的考量構面上，任何災區的人命搜救行動，「安全」一定是最重要的考量因素，當受困災民已無法由人力或簡易隨身裝備進行開挖搜救時，為確保在黃金救援時限內將受困災民救出，重機具的輔助搜救是顯得十分關鍵。而據問卷結果，專家們一致認為「搜救者與受困者之安全」（76%）是最重要的，也是整體權重的第一順位（42%）。受困災民的及時救出事涉災民獲救的存活率，但，進入救援的搜救人員安全確保，也不能偏廢。至於「建築物倒塌型態」及「周圍環境安全」不但也是「現場安全」的重要

- 因素，著實也影響搜救者與受困者的安全，其中，「二次坍塌」（52.6%）在所有「周圍環境安全」次因子中，專家們認為最重要、也最需防範的，因此在搜救人員與重機具介入前，即應評估倒塌建築物穩定度，並利用器材進行支撐與固定，以因應餘震等的干擾，搜救工作才得以安心進行。
- 2.在介入時機的考量構面上，主要是當認定人力或簡易隨身裝備進行開挖搜救已無法取得具體進展下，「搜救難易考量」（47.1%）當然是最具關鍵，而與此交結的是「黃金救援時間」（45%）的認定。特別是面對日趨複雜化與高層化的建築型態，若只依靠人力與輕機械救援，可能延誤救援時間，對受困者造成更大的傷害。最後是最佳介入時機如何判斷？現場指揮官來說確實是一大考驗！然而，當現場救災指揮官與消防單位、工務單位及專業技師團隊合議後所決定的時機，應該就是最佳的時機，至於災民家屬、新聞媒體、以及其他政治力的不同看法，決策訊息的充分溝通與揭露，應是最根本的作法，其他非專業的質疑也只能留給政治人物去作最終的判斷。
 - 3.在救災資源的考量構面上，主要是就重機具的救災資源面向，雖然占整體權重不高（10.3%），但專家普遍認為災後第一時間仍然應以公部門的資源為主（77.3%），也在整體權重中占第四順位（8%）。之所以信賴公部門可以最快調集各型重機具投入救災的原因，應該可歸因於消防署近年來投入大量資源建置的「救災雲端資訊系統（EMIC）」已初具規模，所提供的各項救災資源資料庫在歷次災害應變中得到驗證。然而，國內近來的受災經驗少有廣域且跨行政區的重大災難事故，一旦再次面臨類似 921 大地震的規模時，民間救災資源協調與管理仍舊是不可或缺，特別是「政府有限，但民力無窮」，如何挖掘出潛藏在民間各角落的救災資源，以應不時之需，仍待各級政府持續努力建置，以備當災害發生時可以及時調度、徵用，以解災民於苦難之間。
 - 4.在專業訓練的構面上，雖然也占整體權重不高（10.4%），主要是因為專家群普遍認為能操作重機具之人員本身即受過專業訓練，而且，搜救團隊專業度本來就是救團隊最基本的能力，也是大家的共識（65.4%），因此，當「中華搜救總隊」被請出「維冠金龍」大樓倒塌現場搜救任務時，較被廣泛討論的重點主要在於有無「登錄」、「認證」等，其實更重要的是在於團隊的「專業度」。「專業度」的呈現，並不僅只於搜救的裝備、技術，更重要的是要能服從現場指揮官的調度指揮，並且在災難現場展現的服從紀律，才稱得上是專業的搜救團隊。

5. 在人文社會的構面上，雖然僅只占整體權重極低（3.4%），但若考量此次「維冠金龍」搜救任務的每項關鍵決策的擬定都是經由消防、工務與技師團隊共同商討的結果，而且，問卷調查的對象也以參與本次搜救任務的專家為主的話，就不難理解在以科學為本、救人第一的前提下，外界的干擾，本來就不是他們認為可以決定（或是改變）搜救決策的因素。但是，參與搜救決策的專家們也普遍認為家屬感受與溝通是有必要去考量（69.8%），但是，這部份應該是決策者要負責的，在綜合現場的各項有利、不利因素下，相關搜救決策資訊的及時、公開與透明，或許才是減少非專業干擾搜救決策的最佳手段。

二、建議

兩次的 0206 地震，同樣是傾倒大樓內待援的受困災民，同樣是餘震不斷的人命搜救場域，消防人員前仆後繼深入危樓救助的畫面，深深烙印在全體國人的心中，但是，如果回顧 2016 年日本熊本地震的經驗，又不禁為深入救災的搜救人員捏了一身冷汗。救災觀念日新月異，同樣是以人命救助為最高原則，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，讓人重新思考重機具於災害現場之角色定位。

雖然有諸多文獻指出重機具對於災後應變之重要，而此次「維冠金龍」事件也可印證其對搜救效率之提升具有正面的效果，但一般大眾仍停留在誤植於震災搜救的「黃金 72 小時」，導致救災指揮決策者在專業考量與社會輿論壓力之間難以取得平衡，且倍感壓力。因此，藉助於專業技師對受災區環境評估與補強，適當的重機具介入傾倒建築的人命搜救，是有其功能性和時效性的優勢。在一切以搜救者與受困災民的安全為決策考量的前提之下，重機具介入的時機不應拘泥於過去沉疴的觀念中，透過防災教育及媒體教育，導正民眾觀念為勢在必行，現今的建築型態與複雜度已非昔日可比擬，將正確的資訊傳達出去，方能減少指揮決策者於災害現場所面臨到的干擾因子，達成受困災民的人命搜救為最大之目標。

其次，工欲善其事，必先利其器，況且，巧婦難為無米之炊。事前整備各項救災資源，特別是「救災雲端資訊系統（EMIC）」的建置，應普查並連結各公、私部門的救災資源，預作盤點、靈活調度，以備不時之需。此次 0206 花蓮地震，相關的救災資源之所以可以充分掌握，協勤的搜救人員之所以可以快速集結，消

防署在上一年度針對花東地區救災資源的調查與整備，以及外部資源支援救災的調度規劃，恰好完全派上用場，功不可沒。真可謂：無恃其不來，恃吾有以待之。此次 0206 花蓮地震雖屬不幸，但，各公私部門事前已作足準備，並全心協力投入救災，將災損降至最低限度，讓災民得以在最短時間內回復到原來的生活步調，不正是最大的幸福！

參考文獻

一、中文部份

- 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。
- 台南市政府（2016）台南市議會第2屆第6次臨時會-0206地震災情專案工作報告，取自於 <http://www.tainan.gov.tw/taianan/warehouse/%7B9897BD84-9CA0-45A8-9C03-F02663E51F48%7D/%E8%87%BA%E5%8D%97%E5%B8%82%E8%AD%B0%E6%9C%83%E7%AC%AC2%E5%B1%86%E7%AC%AC6%E6%AC%A1%E8%87%A8%E6%99%82%E6%9C%830206%E5%9C%B0%E9%9C%87%E7%81%BD%E6%83%85%E5%B0%88%E6%A1%88%E5%B7%A5%E4%BD%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf>（2017年7月25日取得）。
- 伊小朵（2012）世界大地震：介紹地震，成都市：石灰文化。
- 自由電子報（2016）永康維冠偷工減料 東側騎樓是明顯缺失，取自於 <http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1601821>（2017年8月21日取得）。
- 李亦綱、張媛、李志偉（2010）地震現場倒塌建築物的搜救策略研究，震災防禦技術，4，477-483。
- 吳政龍（2016）臺南震災緊急應變的職業安全考量—救災工作者的呼吸道健康危害，成大醫訊，27：16-18。
- 林琮盛（2017）七個絕不放棄的夜：0206 臺南震災 180 小時救援紀實，台南：台南市政府文化局文創科。
- 林照真（2002）戰慄土石流，台北市：時報文化。
- 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。
- 施永壽（2011）建築物倒塌事故救援行動中應注意的安全事項，安全技術與管理，4：48-49。

- 華人百科 (2006) 美國舊金山大地震，取自於 <https://www.itsfun.com.tw/%E7%BE%E5%9C%8B%E8%88%8A%E9%87%91%E5%B1%B1%E5%A4%A7%E5%9C%B0%E9%9C%87/wiki-4243106-7260085> (2017 年 11 月 01 日取得)
- 馬士元、林永峻 (2012)。建立我國救災資源調度制度化及推動落實之研究 (第 2 年)。內政部消防署委託研究報告 (編號: 1010103776)。台北市: 內政部。
- 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, 3: 76-79。
- 徐秋華 (2000) 傳媒在災難中扮演的角色, 取自於 <http://rthk9.rthk.hk/mediadigest/md0011/02.html> (2017 年 8 月 30 日取得)
- 國家災害防救科技中心 (2010) 災害防救科技與知識專欄-20100112 海地地震初步分析評估, 取自於 <http://www.ncdr.nat.gov.tw/upload/epaper/056.pdf> (2017 年 6 月 24 日取得)。
- 國家災害防救科技中心 (2017) 防災易起來——災害管理任務/關鍵資源物流配送, 取自於 <https://easy2do.ncdr.nat.gov.tw/easy2do/2013-05-24-10-57-11/2015-06-04-08-17-32.html> (2017 年 7 月 20 日取得)。
- 國際線上 (2010) 海地 7.3 級強震或致十萬人死亡 太子港廢墟一片災民急待救援, 取自於 http://big5.cri.cn/gate/big5/gb.cri.cn/27824/2010/01/14/782s2731643_16.htm (2017 年 8 月 21 日取得)。
- 湯京平、蔡允棟、黃紀 (2002) 災難與政治: 九二一地震中的集體行為與災變情境的治理, 政治科學論叢, 16, 137-162。
- 張賢蘇 (2016) 災害現場如何管理才不會使媒體變成另一種災害?, 取自 <https://opinion.udn.com/opinion/story/6663/1835800> (2017 年 9 月 30 日取得)
- 黃鳴毅 (1999) 921 大震搶救實錄 [PowerPoint slides], 取自於 <http://www.soft-ware.com.tw/m15/c6-2.pdf> (2017 年 6 月 25 日取得)。
- 黃映濂 (2016) 勘災政治學, 取自於 <http://health.ettoday.net/news/646403> (2017 年 8 月 30 日取得)
- 鄧振源 (2005) 計畫評估-方法與應用, 第二版, 新北市: 海洋大學運籌規劃與管理研究中心。
- 鄧振源、曾國雄 (1989) 分析層級法的內涵特性與應用 (上), 中國統計學報, 6: 5-27。
- 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。
- 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, 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，2：149 - 156。
- 蔣宜婷、陳貞樺、葉瑜娟（2016）他們從倒塌大樓逃出來之後，取自於 <https://www.twreporter.org/a/0206earthquake-shelter>（2017年9月30日取得）
- 鄭添添（2015）地震建築倒塌救援力量部署研究，中國應急救援，1：28-30。
- 韓煒、陳維鋒、顧建華、吳欣燕（2012）地震救援行動的影相因素分析，災害學，4：132-137。

二、英文部份

- California Seismic Safety Commission. (2006). California's Emergency Response to a Major Earthquake: A Report of the Urban Search and Rescue Emergency Advisory Committee on the State's Readiness and Resource Needs (Commission Publication No. 06-03). Sacramento, California: California Seismic Safety Commission. (DHS Publication No.207771). Retrieved from <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/207771.pdf>
- Calland, V. (2005). Safety at Scene: Safety at Scene Manual for Pre-Hospital Emergency Care Providers and Police Officers. Unknown: aLL2easyIT Ltd.
- Chen, A. Y. (2011). Heavy equipment distribution framework for Urban Search and Rescue operation and critical infrastructure systems restoration in disaster response, (Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana- Champaign). Retrieved from <https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/26146>
- Crawford, J. E., & Crositt, W. B.(1980). Effective decision-making within the organization: A comparison of regular, NGT and Delphi group process. Paper presented at the annual meeting of Western Speech Communication Association, Murfreesboro. Abstract retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED182786>.
- Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. Management Science, 9, 458- 467. doi:10.1287/mnsc.9.3.458
- DHS (2011). CERT Basic Training Participant Manual. Washington, DC: DHS, FEMA.
- Holden, M. C. & Wedman, J. F. (1993). Future issues of computer-mediated communication: The results of a Delphi study, Educational technology research and development, 4(1), PP. 5-24.
- Linstone, H. A.,& Turoff, M. (1975). Introduction,in the delphi method:techniques and applications,edited by H.A.Linstone and M.Turoff, Adison-Wesley, Reading,

MA.

- Macintyre, A., Barbera, J., & Smith, E. (2006). Surviving Collapsed Structure Entrapment after Earthquakes: A “Time-to-Rescue” Analysis. *Pre-hospital and Disaster Medicine*, 21(1), 4-17. doi: 10.1017/S1049023X00003253
- McGuigan, D. M., Deam, B. L. & Bull, D. K., (2002). Urban search and rescue and the role of the engineer. In David Middleton (Chair), Technical Conference and AGM. Symposium conducted at the meeting of Organization NZ Society for Earthquake Engineering INC, New Zealand.
- Murry, Jr, J. W., & Hammons, J. O. (1995). Delphi: A Versatile Methodology for Conducting Qualitative Research. *The Review of Higher Education*, 18(4), 423-436. doi:10.1353/rhe.1995.0008
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1984). Comparison of eigenvalue, logarithmic least squares and least squares methods in estimationg ratios. *Mathematical Modelling*, 5(5), 309-324. doi: 10.1016/0270-0255(84)90008-3
- Shannon, M. (1999). The use of cranes and heavy equipment in rescue and hazmat Fire Engineering, 152(3), 145-149.

附錄一：層級分析訪談專家名單

編號	服務單位	職稱	專業領域年資
1	台南市政府消防局	局長	36
2	台南市政府消防局	專門委員	26
3	台南市政府消防局	科長	16
4	台南市政府消防局第四救災救護大隊	大隊長	23
5	台南市政府消防局第七救災救護大隊	大隊長	32
6	台南市政府消防局第七救災救護大隊	副大隊長	21
7	台南市政府消防局第五救災救護大隊	副大隊長	34
8	台南市政府消防局第五救災救護大隊	副大隊長	18
9	台南市政府消防局第六救災救護大隊	副大隊長	17
10	台南市土木技師公會	理事長	33
11	台南市政府工務局	副總工程司	15
12	台南市政府工務局	副工程司	9
13	施忠賢結構技師事務所	負責人	26

專家問卷填答同意書

敬愛的專家，您好：

學生曾瑞曲目前於吳榮平教授指導下進行「應用重機具於地震災區搜救決策之研究」的碩士論文，本研究主要以0206「維冠金龍」大樓倒塌事件為背景，希望能借重您親身參與此事件之經驗與豐富經歷，邀請 鈞座應允擔任本研究之評定專家。

本研究將透過問卷調查，進而歸納出各評鑑指標之權重，為審慎起見，擬先進行數回合循環式之德爾菲專家問卷審核，以期內容更加完備。由於您在0206「維冠金龍」大樓搜救任務中，針對「大鋼牙計畫」的擬定與執行扮演相當重要的角色，因此若您願意撥冗填寫問卷或接受訪談，對於本研究將是極大的幫助與收穫。

若您願意協助本研究，請於下方簽名並留下您的聯絡方式，我將盡速與您聯繫。再次感謝您的支持與協助！

姓名: _____

電話: _____

E-mail: _____

中央警察大學防災研究所

指導教授 吳榮平博士

研究生 曾瑞曲 敬上

聯絡電話: 0921-546244

e-mail: ruby.jacky@yahoo.com.tw

第一階段問卷

附錄二

應用重機具於地震災區搜救決策之研究

德爾菲法第一回合問卷

敬愛的 先進，您好：

感謝您對本研究「應用重機具於地震災區搜救決策之研究」所提供之協助與寶貴建議，因此議題目前缺乏本土化的相關研究，故希望能借重您在救災決策領域具有的專業知識與豐富經歷，特請 鈞座應允擔任本研究之評定專家，針對「應用重機具於地震災區搜救決策之研究」相關指標提供寶貴意見。

此份問卷係採用修正式德爾菲法調查，是一種以系統化歸納學者專家意見的學術歷程，經由匿名式的多回合訪問後，獲得專家們一致的意見。第一階段的調查採結構式的問卷，根據相關文獻的檢視及探討，整理出重機具介入震災搜救工作時決策面向及考量因子，共分為 五 個面向及 十五 個因子，每個因子均有五種重要程度供您挑選，沒有所謂標準答案，請完全依照您的專業見解做挑選。

本研究之問卷分兩部分(第一階段為德爾菲法(Delphi Method)，第二階段採用層級分析法)，煩請針對問卷中各項指標之重要程度表示您的意見，另外在問卷各題項中均提供空白欄位，若您有任何增加或修正建議，請直接敘明，力求在已受框限之作答情境中，引發專家群之多元意見，以做為後續問卷修正及研究之參考。

感謝您在百忙中撥冗指導，由於您的鼎力協助，將使得本研究更具價值。而您的意見僅供本次學術研究之用，絕不會單獨對外公開或發表，敬請放心作答。誠摯邀請您參與本次研究，感謝您的支持與協助！

肅此 敬頌商祺

中央警察大學防災研究所

指導教授 吳榮平博士

研究生 曾瑞曲 敬上

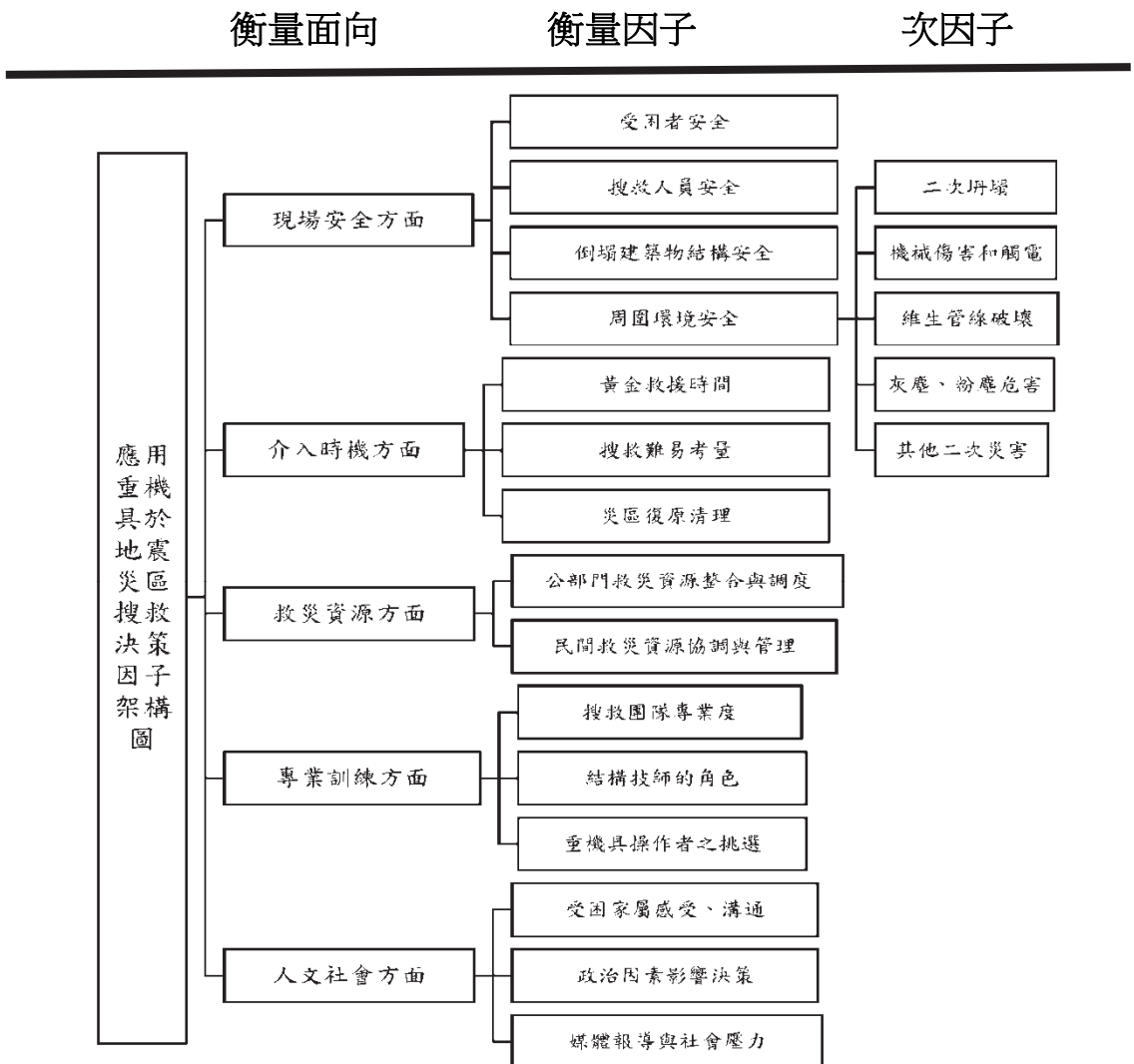
聯絡電話: 0921-546244

e-mail: ruby.jacky@yahoo.com.tw

第一部份：背景說明

由於重機具於地震災區搜救中扮演的角色尚未明確，正反兩面意見不一，且缺乏本土性之研究，故欲藉由徵詢專家與利害關係人之意見，形塑出適用於大規模建築物倒塌之地震災區搜救決策框架。

由於2016年2月6日發生的維冠金龍大樓倒塌事件，是台灣首次於災後72小時內即啟動重機具協助搜救，在當時亦引起相當廣泛的討論。因此本研究將以此為背景，針對參與0206維冠金龍救災任務的決策者及相關專家進行問卷調查及訪談，憑藉其專業能力與實務經驗以提高本研究之信度與效度。



第二部份：問卷開始-重機具應用於震災搜救決策考量指標

請問您認為以下各項指標對重機具應用於震災現場搜救決策是否具有重要性：
 如果是非常重要請給5分，重要請給4分，普通請給3分，不重要請給2分，非常不重要請給1分。

衡量面向一:現場安全方面

衡量因子	非常 重要	重 要	普 通	不 重 要	非 常 不 重 要	您的意見				
	5	4	3	2	1					
受困者安全	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
搜救人員安全	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
倒塌建築物結構安全	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
周圍環境安全	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
次 因 子	二次坍塌					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	機械傷害及觸電					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	維生管線破壞					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	灰塵、粉塵危害					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	衍生二次災害					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

您認為還有哪些是救災現場安全面向須注意的問題呢？

您的意見：

衡量面向二:介入時機方面

衡量問題	非常 重要	重 要	普 通	不 重 要	非 常 不 重 要	您的意見
	5	4	3	2	1	
搜救難易考量	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
黃金救援時間	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
災區復原清理	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

您認為還有哪些是救災現場關於重機具介入時機須考量的問題呢？

您的意見：

衡量面向三:救災資源方面-重機具

衡量問題	非常 重要 5	重 要 4	普 通 3	不 重 要 2	非 常 不 重 要 1	您的意見
公部門救災資源整合與調度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
民間救災資源協調與管理	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
您認為還有哪些是調度及運用重機具資源須注意的問題呢?						
您的意見：						

衡量面向四: 專業訓練方面

衡量問題	非 常 重 要 5	重 要 4	普 通 3	不 重 要 2	非 常 不 重 要 1	您的意見
搜救團隊專業度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
結構技師之角色	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
重機具操作者的挑選	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
您認為還有哪些是專業訓練方面須注意的呢?						
您的意見：						

衡量面向五:人文社會方面

衡量問題	非常 重要 5 重 要 4 普 通 3 不 重 要 2 非 常 不 重 要 1	您的意見
家屬感受與溝通	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
媒體報導與關注	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
政治因素影響決策	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
您認為還有哪些是人文社會方面須注意的呢?		
您的意見： 		

第三部份：個人資料

請問您在您的工作領域的年資？

_____年

第一階段問卷

附錄三

應用重機具於地震災區搜救決策之研究

德爾菲法第二回合問卷

您好：

再次感謝您日前於百忙之中協助「應用重機具於地震災區搜救決策之研究」問卷調查，此為第二階段問卷。

我們在第一回合的問卷所有的題項都已達成一致的結論，在第一回合中所有專家的調查統計結果，包括平均數、眾數及四分位差等，及您在第一回合問卷中的意見，都呈現在本問卷中；如果您認為需要修改答案，也可重新勾選重要性，如果您未重新勾選，我們將以您第一回合的意見為最終的意見。在此問卷中畫底線之處為專家小組建議修訂之處。

再次感謝您在百忙中撥冗指導，由於您的鼎力協助，將使得本研究更具價值！

此 敬頌商祺

中央警察大學防災研究所

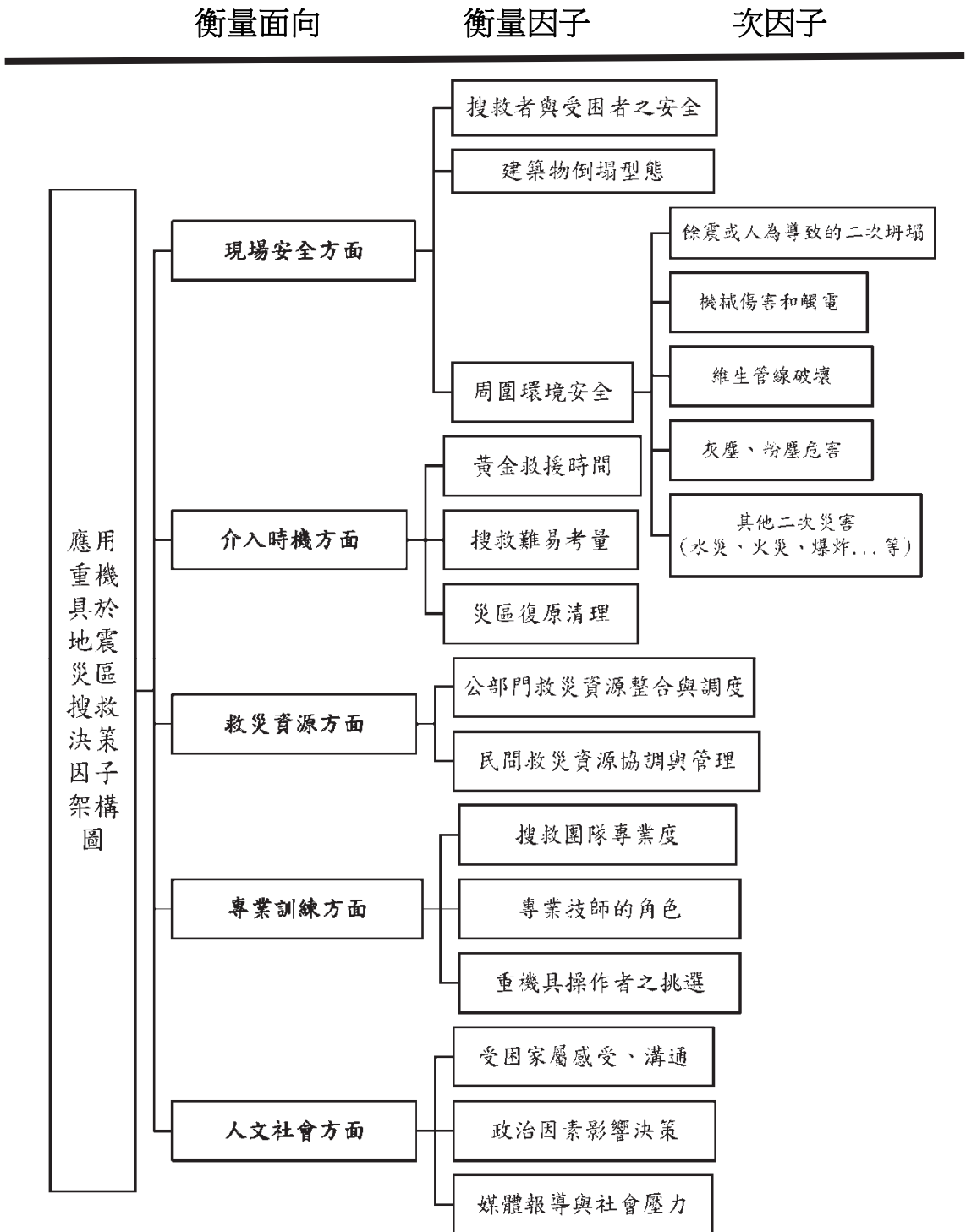
指導教授 吳榮平博士

研究生 曾瑞曲 敬上

聯絡電話: 0921-546244

e-mail: ruby.jacky@yahoo.com.tw

第一部份：研究架構



第二部份：問卷開始-重機具應用於震災搜救決策考量指標

本次問卷共附上四個數據， 做為您再次作答之參考。

- ◎ 您上次意見： 您於第一回合德爾菲問卷所填答之意見。
- ◎ 平均數： 第一回合德爾菲問卷專家學者們的平均得分。
- ◎ 眾數： 第一回合德爾菲問卷專家學者勾選次數最多者。
- ◎ 四分位差： 數值愈小，代表專家學者對此因子共識度愈高。

衡量面向一:現場安全方面

項目	衡量因子	您上次意見	平均數	眾數	四分位差	非常重要 5	重要 4	普通 3	不重要 2	非常不重要 1
1	搜救者與受困者之安全		增修	增修	增修	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	建築物倒塌型態		4.44	5	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	周圍環境安全		4.40	5	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

周圍環境安全次因子

衡量因子	次因子	您上次意見	平均數	眾數	四分位差	非常重要 5	重要 4	普通 3	不重要 2	非常不重要 1
周圍環	餘震或人為引起的二次坍塌		4.63	5	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	機械傷害及觸電		4	4	0.75	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

境 安 全	維生管線破壞		3.81	3	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	灰塵、粉塵危害		3.63	3	0.87	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	衍生二次災害		4.25	4	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

衡量面向二:介入時機方面

項目	衡量因子	您上次意見	平均數	眾數	四分位差	非常重要 5	重要 4	普通 3	不重要 2	非常不重要 1
1	搜救難易考量		4.56	5	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	黃金救援時間		4.50	4	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	災區復原清理		3.69	4	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

衡量面向三:救災資源方面-重機具

項目	衡量因子	您上次意見	平均數	眾數	四分位差	非常重要 5	重要 4	普通 3	不重要 2	非常不重要 1
1	公部門救災資源整合與調度		4.81	5	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2	民間救災資源協調與管理		4.44	4	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	-------------	--	------	---	-----	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

衡量面向四：專業訓練方面

項目	衡量因子	您上次意見	平均數	眾數	四分位差	非常重要 5	重要 4	普通 3	不重要 2	非常不重要 1
1	搜救團隊專業度		4.94	5	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	專業技師之角色		4.69	5	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	重機具操作者的挑選		4.44	4	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

衡量面向五：人文社會方面

項目	衡量因子	您上次意見	平均數	眾數	四分位差	非常重要 5	重要 4	普通 3	不重要 2	非常不重要 1
1	家屬感受與溝通		4.69	5	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	媒體報導與關注		4.50	4	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	政治因素影響決策		4.19	4	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

對本研究之建議：

第三部份：個人資料

姓名:_____

第二階段問卷

應用重機具於地震災區搜救決策之研究

層級分析法(AHP)專家問卷

敬愛的 先進，您好：

首先誠摯地感謝您撥冗寶貴的時間協助填答本問卷，這是一份關於「應用重機具於地震災區搜救決策之研究」問卷調查，經過第一階段的德爾菲調查後，將符合標準的因子建立層級架構，透過層級分析法尋求影響重機具於地震災區搜救決策之關鍵因素的相對權重。

您寶貴的意見對本研究的發展有決定性的影響，且將是本研究得以順利完成的最大關鍵。本問卷因研究方法之特性，需要您耐心逐一比較各因素，衷心感謝您的支持與協助。謹此敬致謝忱！

中央警察大學防災研究所

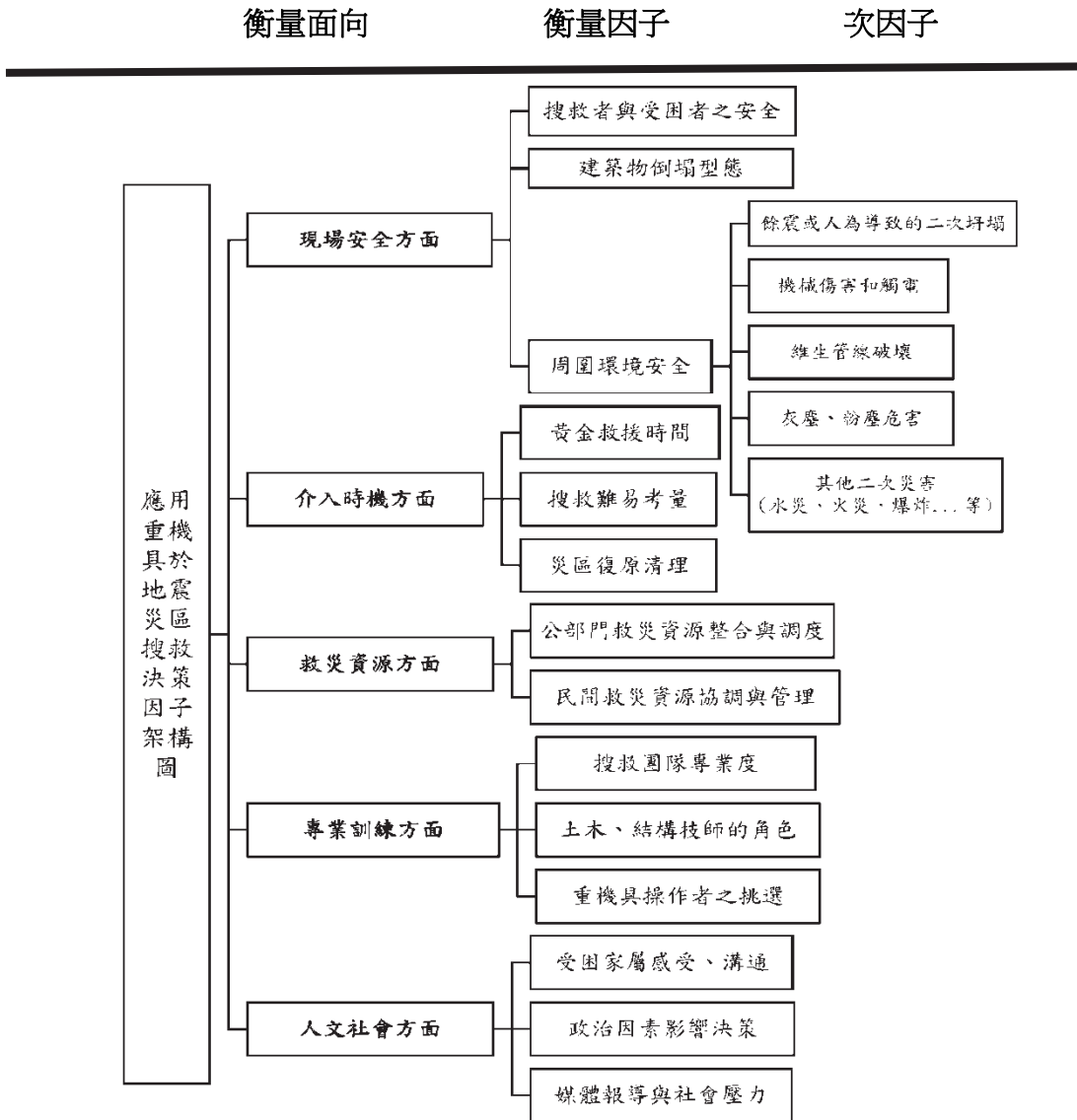
指導教授 吳榮平博士

研究生 曾瑞曲 敬上

聯絡電話: 0921-546244

e-mail: ruby.jacky@yahoo.com.tw

第一部份：研究層級架構圖



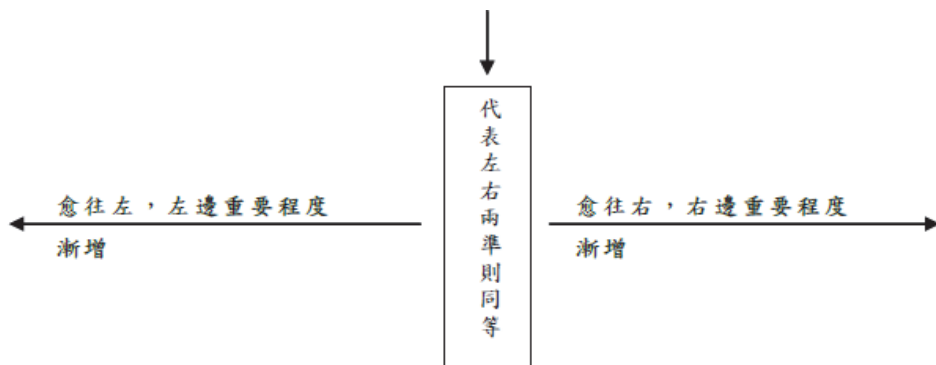
第二部份：問卷說明

本問卷採用層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，利用兩兩相比的方式，找出各項評估構面與評估指標彼此間的相對重要程度。受測者只需對問題中所提的兩個選項的相對重要性加以比較即可。亦即是若你認為左邊準則和右邊準則相

比較，左邊準則為絕對重要，則在靠左邊的絕對重要空格下打勾，若是右邊為普通重要，則在靠右邊的普通重要空格下打勾，若當你認為左右兩準則有同等重要性，則於中間同等重要下打勾。

範例:

X 指標	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	Y 指標
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
搜救難易考量			✓							黃金救援時間
								✓		災區復原清理
黃金救援時間		✓								災區復原清理



AHP 是一種多屬性決策分析，透過各層級兩兩比較算出相對權重，接著建立成對比較矩陣並驗證一致性後，計算不同方案之加權價值，最終決定最佳的方案。

第三部份：問卷開始-重機具應用於震災搜救決策考量指標

一、在應用重機具於震災搜救現場之決策時，有以下五項衡量面向，分別為

- ①現場安全方面、
- ②介入時機方面、
- ③救災資源方面
- ④專業訓練方面、
- ⑤人文社會方面，

為提高問卷結果一致性，敬請先列出此五項衡量面向相對重要性排序：

_____ > _____ > _____ > _____ > _____

接下來請針對此五項衡量面向做重要強度的成對比較。

因子 A	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	因子 B
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
現場安全方面										介入時機方面
										救災資源方面
										專業訓練方面
										人文社會方面
介入時機方面										救災資源方面
										專業訓練方面
										人文社會方面
救災資源方面										專業訓練方面
										人文社會方面
專業訓練方面										人文社會方面

二、以上層五項衡量面向為主，個別針對各構面下的衡量因子，進行重要強度的比較。

衡量面向一:現場安全方面

現場安全方面有二項衡量因子，分別為：

- ① 搜救者與受困者之安全 ② 建築物倒塌型態 ③ 周圍環境安全

為提高問卷結果一致性，敬請先列出此二項因子相對重要性排序：

_____ > _____ > _____

接下來請針對此二項因子做重要強度的成對比較。

因子 A	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	因子 B
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
搜救者與受困者之安全										建築物倒塌型態
										周圍環境安全
建築物倒塌型態										周圍環境安全

周圍環境安全 - 次因子

周圍環境安全衡量因子裡包含有五項次因子，分別為：

- ①餘震或人為導致的二次坍塌、②機械傷害及觸電、③維生管線破壞、④灰塵、粉塵危害、⑤其他二次災害，

為提高問卷結果一致性，敬請先列出此五項因子相對重要性排序：

_____ > _____ > _____ > _____ > _____

接下來請針對此五項次因子做重要強度的成對比較。

因子 A	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	因子 B
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
餘震或人為導致的二次坍塌										機械傷害及觸電
										維生管線破壞
										灰塵、粉塵危害
										其他二次災害
機械傷害及觸電										維生管線破壞
										灰塵、粉塵危害

										其他二次災害
維生管線破壞										灰塵、粉塵危害
										其他二次災害
灰塵、粉塵危害										其他二次災害

衡量面向二:介入時機方面

介入時機方面有三項衡量因子，分別為：

- ① 搜救難易考量、② 黃金救援時間、③ 災區復原清理

為提高問卷結果一致性，敬請先列出此三項因子相對重要性排序：

_____ > _____ > _____

接下來請針對此三項因子做重要強度的成對比較。

因子 A	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	因子 B
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
搜救難易考量										黃金救援時間
										災區復原清理
黃金救援時間										災區復原清理

衡量面向三:救災資源方面-重機具

重機具救災資源的運用可分為兩項項衡量因子，分別為：

- ① 公部門救災資源整合與調度、② 民間救災資源協調與管理

為提高問卷結果一致性，敬請先列出此二項因子相對重要性排序：

_____ > _____

接下來請針對此二項因子做重要強度的成對比較。

因子 A	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	因子 B
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
公部門救災資源整合與調度										民間救災資源協調與管理

衡量面向四：專業訓練方面

專業訓練方面有三項衡量因子，分別為：

- ① 搜救團隊專業度、② 土木、結構技師之角色、③ 重機具操作者的挑選

為提高問卷結果一致性，敬請先列出此三項因子相對重要性排序：

_____ > _____ > _____

接下來請針對此三項因子做重要強度的成對比較。

因子 A	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	因子 B
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
搜救團隊專業度										專業技師之角色
										重機具操作者的挑選
專業技師之角色										重機具操作者的挑選

衡量面向五：人文社會方面

人文社會方面有三項衡量因子，分別為：

- ① 家屬感受與溝通、② 媒體報導與關注、③ 政治因素影響決策

為提高問卷結果一致性，敬請先列出此三項因子相對重要性排序：

_____ > _____ > _____

接下來請針對此三項因子做重要強度的成對比較。

因子 A	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	因子 B
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
家屬感受與溝通										媒體報導與關注
										政治因素影響決策
媒體報導與關注										政治因素影響決策

第四部份：個人資料

姓名: _____

訪談大綱

一、時間：

二、地點：

三、訪問對象：

四、研究主題簡述：

臺灣位於環太平洋地震帶上，地震活動頻繁，加上土地狹小人口密度又高，在經濟快速成長的情形下，使建築物趨向高層化與多元化的結構方式發展，如遇強震侵襲對民眾及搶救人員都是相當嚴峻的考驗。

本研究以2016年2月6日台南市永康區的「維冠金龍」大樓倒塌事故為背景，由於其建築結構相當複雜，倒塌後呈鬆餅狀堆疊更增加了搜救的難度，如何提高搜救效率，又要確保受困者與搜救人員的人身安全，是地震災區搜救決策，最為關鍵的部份。

0206「維冠金龍」事件為台灣首次於災後72小時內啟動重機具配合救災，在過程中被廣泛討論，有肯定、亦有質疑。因此，本研究針對重機具於地震災區現場應用之決策機制進行探討，爬梳影響決策的因子，以組構適用於大規模建築物倒塌之地震災區現場的決策框架，提供指揮官進行決斷時的決策參考。

五、訪談提問：

(一) 救災決策者

- 1.請簡述您於 0206「維冠金龍」事件時擔任的職務為何？
- 2.請問您對於重機具運用於救災工作之看法？優缺點為何？
- 3.你對於此次災後 64 小時啟動重機具進駐災區，配合搜救工作進行的看法為何？
- 4.您過去是否曾做過相關的決策，或參與其他大規模災害事故(如:921 地震)指揮決策工作？若有，請您分享相關經驗？
- 5.0206「維冠金龍」事件若重來一次，您對於重機具進駐的時機與方式會如何選擇？

(二) 工務局-結構技師

- 1.您擔任結構評估相關的工作大約多長時間呢？平時主要工作內容為何？
- 2.0206 事件時您何時被徵召回來支援救災？過去有類似的經驗嗎？曾參與救災工作嗎？
- 3.以 0206「維冠金龍」的建築結構特性來說，人力搭配輕機械救援與重機具進駐之間的時機該如何拿捏？考量的重點為何？
- 4.災後 64 小時重機具進駐時機的選定與考量點為何？
- 5.當初 0206 召開的「大鋼牙計畫」會議中考量的重點為何？贊成與反對的理由有哪些？
- 6.為何會想到利用碎石咬合機(俗稱大鋼牙)協助救災，而非一般傳統的重機具？
- 7.針對「72 小時後重機具才可以進駐災區現場協助救災」這段話您的看法為何？
- 8.重機具操作易導致原有倒塌建築結構破壞，發生二次倒塌的情形，以您的專業該如何避免這種情形發生？
- 9.若重來一次，您會做同樣的決策嗎？

