

Using fuzzy failure modes and effects analysis in fire risk management of long highway tunnels

江錦松、劉豐瑞、陳宜清

E-mail: 321775@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

When a fire occurs in long highway tunnels, special circumstances such as confined space, ventilation, lighting and communications make passenger evacuation and rescue and fire rescue difficult. To ensure the safety of personnel and reduces injuries, the key to success in fire rescue in long highway tunnels depends on the functions of related facilities inside the tunnels, how to effectively evacuate the passenger to safe areas, as well as the response of fire rescue personnel. The case study is the Baguashan Tunnel. This tunnel is located on between Changhua County and Nantou County, with a length of 4.9 kilometers, which is the second-longest highway tunnel in Taiwan. Due to the increasing traffic loads in this tunnel, its fire security is an issue of importance. Therefore, this study intends to use the prior analysis to identify the failure factors and their failure modes and effects, and thereby to manage high risk factors before any fire events. Four purposes of this study are: (1)to identify failure factors for fire rescue of long highway tunnels by literature survey;(2) to recognize failure effects of fire rescue; (3) to develop a fuzzy reasoning approach for failure modes and effects analysis in long highway tunnels; (4) Confirm that the factors occur serious degree of Severity (S) the chance of failure occurred Occurrence (O), a failure can detect how of Detection (D), the use of fuzzy inferencebased,with MATLBA assistive software, further assessment of the extent of the Risk of failure (5)to investigation this approach through the Baguashan Tunnel as a case study.

Keywords : fuzzy failure modes and effects analysis、 fire rescue、 long highway tunnels

Table of Contents

簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv
ABSTRACT.....	v	誌謝.....	vi
目錄.....	vii	圖目錄.....	x
第一章 緒論.....	1	1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2	1.3 研究限制.....	2
3.1.4 研究流程.....	3	第二章文獻探討.....	6
6.2.1 隧道之特性.....	6	6.2.2 長隧道火災搶救風險評估的相關文獻探討.....	12
12.2.3 歐洲重大長公路隧道火災災例事故發生原因、搶救過程及損失情形.....	23	2.4 長隧道公路之特性.....	27
第三章研究方法.....	31	3.1 失效模式與效應分析.....	31
3.1.1 FMEA 之起源與發展.....	31	3.1.2 FMEA 之種類.....	33
3.1.3 FMEA 之目的及功能.....	34	3.1.4 FMEA 的方法論及內容.....	36
3.2 模糊理論.....	38	3.2.1 模糊理論的基本概念.....	39
3.2.2 模糊集合.....	40	3.2.3 模糊數.....	41
3.2.4 語意變數.....	43	3.2.5 模糊集合的運算.....	43
3.2.6 解模糊化.....	44	3.2.7 推理模式.....	45
3.3 模糊失效模式與效應分析.....	45	第四章長公路隧道安全評估與風險管理方法.....	56
5.1 長公路隧道火災搶救失效因子.....	56	5.2 長隧道火災搶救之失效影響.....	61
5.3 評分準則.....	65	5.3.1 各失效因子發生失效機率(O)的評分準則.....	66
第五章實例與討論.....	107	5.1 實例介紹.....	107
5.2 預測結果.....	107	5.3 風險管理(I).....	117
5.3 風險管理(II).....	147	第六章結論與建議.....	154
參考文獻.....	155		

REFERENCES

中文文獻: 1.朱延年(2005),「公路長隧道防災管理之研究」,中華大學碩士論文。2.宋光鴻(2007),「長隧道消防安全設備之研究-以雪山隧道為例」,中華技術學院土木防災工程研究所碩士學位論文。3.沈子勝、吳品蓉、呂鴻隆、高學賢(2007),「公路隧道火災緊急

應變及救援策略模式之研究--子計畫:公路隧道防災設備需求及替代性分析(III)」, (行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告)。吳貴彬, 陳相如(2003), 「失效模式與效應分析之應用」, 中華民國品質學會第39屆年會暨第9屆全國品質管理研討會。4.李宏徹、簡賢文、陳發林、熊光華(2004), 「長隧道災害應變及救援作業探討-以北宜高速公路雪山隧道為例」, 岩石力學與工程學報(中國岩石力學與工程學會), 第三十二卷, 增刊二, 頁5228~5234。5.林聖凱(2004), 「公路長隧道重大火災滅火作業之研究」, 中央警察大學消防科學研究所碩士學位論文。6.吳品蓉(2007), 「長公路隧道消防安全設備設置必要性之研究-以雪山隧道為例」, 中央警察大學消防科學研究所碩士學位論文。7.吳俊瑩(2006), 「雪山隧道大客車火災事故救援策略之研究」, 中央警察大學消防科學研究所碩士學位論文。8.吳貴彬, 陳相如(2003), 「失效模式與效應分析之應用」, 中華民國品質學會第39屆年會暨第9屆全國品質管理研討會。9.俞裕中(2006), 「公路隧道安全評估方法與應用 - 以雪山隧道為例」, 國立中央大學土木工程學系碩士論文。10.高憲順(2007), 「雪山隧道之風險管理分析」, 逢甲大學交通工程與管理學系碩士班碩士論文。11.陳立育(2009), 「長隧道災害搶救訓練教材」(宜蘭縣政府消防局教育訓練科)。12.張榮助(2002), 「長公路隧道火災事故救援作業規劃之研究--以北宜高速公路雪山隧道為對象」, 中央警察大學消防科學研究所碩士學位論文。13.馮焱明(2003)北宜高速公路雪山隧道避難聯絡通道設置間距之研究, 國立海洋大學/河海工程學系碩士在職專班碩士論文。14.黃彥斐(2005), 「公路長隧道事故救援策略之多準則決策模型」, 逢甲大學交通工程與管理學系碩士班碩士論文。15.解力行(2006), 「隧道火災局限速度之數值模擬」, 國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程系碩士論文。16.謝政穎、朱定民(2007), 「八卦山隧道火災搶救策略之研究」, 逢甲大學都市計畫學系研究所碩士學位論文。17.簡賢文(1999), 「公路隧道防災及救援之探討」, 中央警察大學消防學系研究報告。18.簡鈺純(2003), 「長公路隧道火災救援能量調查研究--以北宜高速公路雪山隧道為對象」, 中央警察大學消防科學研究所碩士學位論文。19.簡賢文、蕭世弘、廖家慶、莊哲偉(2007), 「公路隧道火災緊急應變及救援策略模式之研究--子計畫:公路隧道火災緊急應變及救援作業程序建制之研究(III)」, 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。20.簡賢文、李伊平、李宏徹、李孟憲、謝蕙如(2009), 「公路隧道群緊急應變救援對策之研討」, 第八屆海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會, F4-1。21.Chin, K.S., Chan, A., & Yang, J.B., (2008). Development of a fuzzy FMEA based product design system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(7-8), 633-649. 22.Guimaraes, A. C. F., & Lapa, C. M. F. (2004). Fuzzy FMEA applied to PWR chemical and volume control system. *Progress in Nuclear Energy*, 44(3), 91 – 213. 23.Guimaraes, A. C. F., & Lapa, C. M. F. (2006). Hazard and operability study using approximate reasoning in light-water reactors passive systems. *Nuclear Engineering and Design*, 236, 1256 – 1263. 24.Guimaraes, A. C. F., & Lapa, C. M. F. (2007). Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. *Applied Soft Computing*, 7, 17 – 28. 25.Pillay, A., Wang, J. (2003). Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. *Reliability Engineering and System Safety*, 79, 69 – 85. 26.Tay, K. M., & Lim, C. P. (2006). Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(8), 1047 – 1066. 27.Wang, Y.M., Chin, K.S., Poon, G.K.K., Yang, J.B., (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*, 36(2), Part1, 1195-1207. 28.Xu, K., Tang, L. C., Xie, M., Ho, S. L., & Zhu, M. L. (2002). Fuzzy assessment of FMEA for engine systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 75, 17 – 29. 29.Yeh, R.H., Hsieh, M.H. (2007). FUZZY ASSESSMENT OF FMEA FOR A SEWAGE PLANT. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 24(6), 505-512. 30.Zadeh, L.A. (1965), Fuzzy Sets. *Information and Control* 8, 338-353.