

車輛翻覆測試之數值模型建立與分析

雷貴安、鄧作樑

E-mail: 9510892@mail.dyu.edu.tw

摘要

翻覆事故的發生往往會造成嚴重的乘員損傷，尤其是重心較高的車輛特別容易發生翻覆事故；隨著重心較高的車輛如休旅車、小貨車等在市場佔有率逐年增加，探討重心較高的車輛於翻覆事故的動態反應及乘員損傷，可提供車廠及相關研究單位做為研發安全防護裝備之設計參考，以減少乘員於翻覆事故的傷亡。近年來由於電腦科技的發展，利用數值分析方法來模擬車輛之碰撞行為及進行乘員的損傷分析，已成為車廠研發新款車輛的趨勢。數值模擬方法不但可降低實車試驗成本，且大幅縮短車輛的研發時程，以提升車廠在市場上的競爭力。本論文以有限元素分析軟體LS-DYNA依據美國聯邦汽車安全標準FMVSS-208正向撞擊固定牆測試進行車輛前段結構及法規FMVSS-216車頂抗撞強度測試進行車頂結構之模擬驗證；最後依據法規FMVSS-208所規範之實車側向翻覆試驗環境建構數值模型，並進行全車側向翻覆模擬分析，探討車輛及乘員的動態行為，分析乘員頭部、頸部及胸部損傷。本論文之研究結果可提供車廠及相關研究單位進行翻覆事故中人體損傷分析與安全防護裝備研究的參考，以提升國內翻覆事故模擬分析的能量，進而提供相關資訊予國內立法單位進行相關法規訂定之參考。

關鍵詞：側向翻覆測試，固定牆撞擊測試，車頂抗撞強度測試，有限元素法，人體損傷，LS-DYNA

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v
謝.....	vi	目錄.....	viii	圖目錄.....	xi
表目錄.....	xv	符號說明.....	xvi	第一章 問題描述 1.1 研究動機.....	1
1.2 文獻探討.....	4	1.3 研究目的.....	10	1.4 本文架構.....	11
第二章 車輛翻覆測試相關法規 2.1 翻覆事故之分類.....	17	2.2 車輛翻覆測試相關法規.....	19	第三章 小貨車數值模型之建立與驗證 3.1 小貨車有限元素模型.....	36
3.2 小貨車有限元素模型之驗證.....	37	第四章 車輛翻覆測試人體損傷分析 4.1 Hybrid 實驗人偶的發展史.....	68	4.2 有限元素人偶的種類.....	70
4.3 有限元素人偶之選擇.....	73	4.4 有限元素人偶模型之建構.....	74	4.5 全車翻覆測試數值模擬.....	78
第五章 結論.....	108	參考文獻.....	112	圖目錄 圖1.1 道路交通事故車類別百分比 13	
圖1.2 1999年所有車輛事故中各車型發生翻覆的件數 13		圖1.3 1999年各車型在百次車禍中發生翻覆的件數 14		圖1.4 造成死亡車禍事故中各撞擊事故所佔的比例 14	
圖1.5 造成受傷車禍事故中各撞擊事故所佔的比例 15		圖2.1 跳動型翻覆示意圖 26		圖2.2 墜落型翻覆示意圖 26	
圖2.3 翻轉型翻覆示意圖 27		圖2.4 彈躍型翻覆示意圖 27		圖2.5 轉向型翻覆示意圖 28	
圖2.6 碰撞型翻覆示意圖 28		圖2.7 FMVSS-208側向翻覆測試示意圖 29		圖2.8 FMVSS-216車頂抗撞強度試驗測試示意圖 30	
圖2.9 車頂抗撞強度試驗量測設備架設圖 31		圖3.1 Chevrolet pickup小貨車有限元素模型 46		圖3.2 應力-應變曲線圖 47	
圖3.3 正向撞擊測試示意圖 47		圖3.4 小貨車正向撞擊固定牆有限元素模型 48		圖3.5 小貨車正向撞擊固定牆測試動態反應圖 49	
圖3.6 小貨車正向撞擊固定牆測試動態反應圖 50		圖3.7 小貨車引擎上方位置之速度曲線 51		圖3.8 小貨車引擎下方位置之加速度曲線 51	
圖3.9 小貨車左側座椅位置之速度曲線 52		圖3.10 小貨車右側座椅位置之加速度曲線 52		圖3.11 車頂抗撞強度測試試驗 53	
圖3.12 車頂抗撞強度測試有限元素模型 54		圖3.13 車頂抗撞強度測試負荷施加曲線圖 55		圖3.14 車頂抗撞強度測試車頂變形量 56	
圖3.15 側向翻覆測試試驗 56		圖3.16 側向翻覆測試有限元素模型 57		圖3.17 測試台車減速曲線 57	
圖3.18 側向翻覆測試動態反應圖 58		圖3.19 側向翻覆測試動態反應圖(續) 59		圖3.20 側向翻覆測試車輛重心角速度曲線 60	
圖4.1 Hybrid 實驗人偶 84		圖4.2 Hybrid 實驗人偶 84		圖4.3 Hybrid 實驗人偶家族 85	
圖4.4 LSTC Hybrid 50%剛性人偶 85		圖4.5 FT_ARUP Hybrid 50%可變形人偶 86		圖4.6 美規SID可變形人偶 86	
圖4.7 FT-ARUP可變形人偶有限元素模型 87		圖4.8 頭部有限元素模型 87		圖4.9 頸部有限元素模型 88	
圖4.10 胸部有限元素模型 88		圖4.11 腰部有限元素模型 88		圖4.12 手部有限元素模型 89	
圖4.13 腿部有限元素模型 89		圖4.14 LS-DYNA之六種關節形式 90		圖4.15 關節座標定義 91	
圖4.16 側向翻覆測試有限元素模型 91		圖4.17 人偶車內縱向參考位置圖 92		圖4.18 人偶車內橫向參考位置圖 92	
圖4.19 側向翻覆測試模擬之動態反應圖 93		圖4.20 側向翻覆測試模擬之動態反應圖 94		圖4.21 側向翻覆測試人偶頭部X軸加速度曲線 95	
圖4.22 側向翻覆測試人偶頭部Y軸加速度曲線 95		圖4.23 側向翻覆測試人偶頭部Z軸加速度曲線 96		圖4.24 側向翻覆測試人偶頭部合成加速度曲線 96	
圖4.25 頭部HIC值與AIShead對應關係圖 97		圖4.26 側向翻覆測試人偶頸部X軸受力曲線 97		圖4.27 側向翻覆測試人偶頸部X軸力矩曲線 98	
圖4.28 側向翻覆測試人偶頸部Y軸受力曲線 98		圖4.29 側向翻覆測試人偶頸部Y軸力矩曲線 99		圖4.30 側向翻覆測試人偶頸部Z軸受力曲線 99	
圖4.31 側向翻覆測試人偶頸部Z軸力矩曲線 100		圖4.32 側向翻覆測試人偶胸部X軸加速度曲線 100		圖4.33 側向翻覆測試人偶胸部Y軸加速度曲線 101	
圖4.34 側向翻覆測試人偶胸部Z軸加速度曲線 101		圖4.35 側向			

翻覆測試人偶胸部合成加速度曲線 102 圖4.36 胸部SIchest值與AISchest對應關係圖 102 圖4.37 側向翻覆測試人偶骨盆X軸加速度曲線 103 圖4.38 側向翻覆測試人偶骨盆Y軸加速度曲線 103 圖4.39 側向翻覆測試人偶骨盆Z軸加速度曲線 104 圖4.40 側向翻覆測試人偶骨盆合成加速度曲線 104 圖4.41 骨盆(ares)max pelvis值與AISpelvis對應關係圖 105 表目錄 表1.1 歷年台灣地區機動車輛及道路交通事故統計表 16 表2.1 FMVSS-208側向翻覆試驗規範 32 表2.2 FMVSS-208側向翻覆試驗規範(續) 33 表2.3 FMVSS-216車頂抗撞強度試驗規範 34 表3.1 小貨車各組件之性質、元素及節點數量 61 表3.2 小貨車各組件之性質、元素及節點數量(續) 62 表3.3 小貨車各組件之性質、元素及節點數量(續) 63 表3.4 小貨車各組件之有限元素模型材料性質 64 表3.5 小貨車各組件之有限元素模型材料性質(續) 65 表3.6 小貨車各組件之有限元素模型材料性質(續) 66 表3.7 車頂抗撞強度測試車頂位移量 67 表3.8 車輛翻覆測試乘員生存空間 67 表4.1 關節旋轉角度與位移量 106 表4.2 關節旋轉角度之彈性強度 107

參考文獻

- [1] 行政院內政部警政署, <http://nweb.npa.gov.tw>.
- [2] National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) <http://nhtsa.dot.gov>.
- [3] Piziali, ' ' Injury Causation in Rollover Accidents and the Biofidelity of Hybrid III Data in Rollover Tests, ' ' SAE Paper, No. 980362, 1998.
- [4] Friedman, ' ' Advanced Roof Design for Rollover Protection, ' ' George Washington University Paper, No. 01-S12-W-94, 1994.
- [5] Meghan, ' ' Virtual Simulation of a Pickup Truck Rollover Test Using the Nonlinear Finite Element Code PAM-CRASH, ' ' A thesis in Mechanical Engineering, Pennsylvania State University, 2003.
- [6] Cooperrider, ' ' Testing an Analysis of Vehicle Rollover Behavior, ' ' SAE Paper, No. 90036, 1990.
- [7] Orłowski, ' ' Rollover Crash Tests-The Influence of Roof Strength on Injury Mechanics, ' ' SAE Paper, No. 851734, 1985.
- [8] Louise, ' ' Prediction of an Occupant ' s Motion during Rollover Crashes, ' ' SAE Paper, No. 861876, 1986.
- [9] Bardini, ' ' The Contribution of Occupant and Vehicle Dynamics Simulation to Testing Occupant Safety in Passenger Cars during Rollover ' ' SAE Paper, No. 1999-01-0431, 1999.
- [10] Terry, ' ' Applications and Dimidiation of 3-D Vehicle Rollover Simulation, ' ' SAE Paper, No. 2000-01-0852, 2000.
- [11] Renfroe, ' ' Modeling of Occupant Impacts during Rollover Collisions, ' ' SAE Paper, No. 2000-01-0854, 2000.
- [12] Manfred, ' ' Influences of Parameters at Vehicle Rollover, ' ' SAE Paper, No. 2000-01-2669, 2000.
- [13] Steffan, ' ' Validation of the Coupled PC-CRASH-NADYMO Occupant Simulation Model ' ' , SAE Paper, No. 2000-01-0471, 2000.
- [14] Bready, ' ' Physical Evidence Analysis and Roll Velocity Effects in Rollover Accident Reconstruction, ' ' SAE Paper, No. SP-1572, 2001.
- [15] Forkenbrock, ' ' Effects of Stability Control on the Rollover Propensity of Two Sport Utility Vehicle, ' ' NHTSA presentation, May, 2001.
- [16] Pywell, ' ' An Examination of Dummy Head Kinematics Prior to Vehicle Rollover, ' ' SAE Paper, No. 2001-01-0720, 2001.
- [17] Ford Motor Company, ' ' Rollover Protection, ' ' Retrieved March, 2003.
- [18] Hiroyuki, ' ' Development of Rollover Curtain Shield Airbag System, ' ' Toyota Motor Corporation Japan Paper 548, 2002.
- [19] Chantal, ' ' Field Relevance of a Suite of Rollover Tests to Real-World, ' ' Accident Analysis and Prevention 35 103-110, 2003.
- [20] <http://www.ncad.gwu.edu>.
- [21] Marzougui, ' ' Validation of a Nonlinear Finite Element Vehicle Model Using Multiple Impact Data, ' ' Adademic Way 20101, George Washington University.
- [22] 吳建昌, 車禍肇事人體受正面撞擊之損傷分析, 碩士論文, 大葉大學機械工程研究所, 2003 年。
- [23] 藍宏文, 車輛正面撞擊之數值模擬分析, 碩士論文, 大葉大學 機械工程研究所, 2004 年。
- [24] 吳建勳, 車輛側面撞擊事故中人之損傷分析, 碩士論文, 大葉大學機械工程研究所, 2003 年。
- [25] 財團法人車輛研究測試中心, 2002 年實車碰撞技術應用研討 論文集, 2002 年。
- [26] 美國LSDYNA總公司 <http://www.ls-dyna.com>。
- [27] LS-DYNA 使用手冊。
- [28] Langwieder, " Comparison of Passenger Injuries in Frontal Car Collisions with Dummy Loadings in Equivalent Simulations, " SAE Paper, No.791009, 1979.