

大客車骨架結構補強型式之設計與評估

邱筱婷、梁卓中

E-mail: 9607844@mail.dyu.edu.tw

摘要

大客車為大眾運輸工具中，每年輸運量最高之交通工具，近年來國內不少業者為求乘客之舒適性而加大上層空間以增內裝，造成整車重量過重及重心上移現象而容易造成車輛翻覆，加上國內車體打造廠多憑自身經驗之方式打造車體，缺乏設計分析之能量，故大客車之建造品質實為一大隱憂。大客車近年意外事故頻傳，於此高承載數與高肇事率之下，大客車之安全性實不容輕視。由於目前國內大客車相關法規不夠嚴謹，政府相關單位將參考歐洲大客車上層結構強度法規ECE R66(Economic Commission for Europe, ECE)制定適合我國之大客車車體結構強度法規，隨著法規之執行，多數車體打造廠所生產之大客車將無法通過嚴峻之法規規範，因此如何在不變更原先之車體結構，且不大幅增加車體重量之情況下，使用局部之補強型式以有效改善車體結構之強度，將為重要之研究課題。近年來國內外大客車之研究大多為探討大客車車體結構強度之研究，對於大客車之局部結構進行骨架強度分析與改良之研究則相當稀少。此外，由於應用有限元素進行數值模擬分析之技術快速發展，已成為模擬車輛碰撞與翻覆之主要工具，可有效減少實車試驗次數，進而節省大量成本。因此本論文將搜集國內外現有之汽車、航空器與船舶等運輸工具之結構補強方式，依照大客車車身結構部位予以分類，並參考大客車骨架擠壓試驗，應用有限元素分析軟體LS-DYNA建構大客車各部位骨架擠壓試驗之數值模擬環境，進行結構補強型式之強度分析與驗證，再將有效之補強塊設置於車身段與整車之有限元素模型中，以新版之歐規ECE R66為參考規範，進行大客車翻覆之數值模擬分析，探討大客車骨架補強型式對於整車結構變形之影響。由本論文所採用之某型大客車骨架進行數值模擬分析之結果得知車頂結構主要為抵抗大客車於翻覆發生時，車頂結構與地面接觸所發生擠壓之現象，該車型使用填角式之補強型式較能提昇該部位之勁度，在設置該部位之補強型式時，應以連接車頂橫樑與車身兩側之車柱為主，可防止大客車於翻覆意外中，車頂結構與車身斷裂分離之情形；邊柱結構主要考量其窗桁與橫樑搭接處之結構強度，在翻覆意外發生時若骨架強度不足，發生彎曲變形之現象，並於焊接處承受過大之應力而發生破壞之情形，該車型使用貼片式之補強型式較能有效提升其結構勁度，同時能有效降低焊接處附近之應力值，設置該部位之補強型式時，應注意是否影響車窗玻璃之擺設，並可使用鉚釘或焊接之方式予以固定；底層結構主要考量翻覆意外發生時其骨架結構抵抗彎曲變形之能力，同時應考量如何提升邊柱發生塑性鉸之位置，而使得骨架較不易侵入乘員空間，經由分析結果可以發現，該車型使用貼片式之補強型式，其抵抗彎曲變形之效能較高，並使得塑性鉸發生位置相對提高，骨架較不易侵入安全空間，因而保障乘員之安全，設置該補強型式時，應考慮與其他部位之骨架搭接情形，並使用鉚釘或焊接之方式予以固定。本論文根據現有之大客車有限元素模型，進行各部位補強型式之設計與評估，提供國內大客車車體打造廠最直接有效之車體結構改善方案，以提升大客車結構之強度。

關鍵詞：大客車，翻覆，ECE R66，補強型式，填角式，貼片式

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	iv	英文摘要	vi
誌謝	vii	目錄	x	圖目錄	xiv
表目錄	xiv	第一章 緒論	1	1.1 緣起	1
1.1.1 緣起	1	1.2 文獻回顧	1	1.2.1 新版歐洲大客車上層結構強度法規—ECE R66	19
1.2.1 新版歐洲大客車上層結構強度法規—ECE R66	19	2.1.1 ECE R66 法規驗證測試方法	20	2.1.2 大客車乘員安全空間	21
2.1.2 大客車乘員安全空間	21	2.2 新版歐洲大客車上層結構強度法規—ECE R66 新增法規	22	2.2.1 擬靜態車身段負載測試	23
2.2.1 擬靜態車身段負載測試	23	2.2.2 結構元件測試之擬靜態計算	25	2.2.3 電腦模擬整車翻覆測試	26
2.2.2 結構元件測試之擬靜態計算	25	第三章 大客車翻覆數值分析理論基礎	35	3.1 大客車翻覆之數值分析理論	36
3.1 大客車翻覆之數值分析理論	36	3.1.1 運動方程式	36	3.1.2 時間積分	37
3.1.1 運動方程式	36	3.2 LS-DYNA 程式之數值分析技巧	38	3.2.1 前處理器	38
3.2 LS-DYNA 程式之數值分析技巧	38	3.2.1 前處理器	38	3.2.2 LS-DYNA 主程式處理器	43
3.2.1 前處理器	38	3.2.2 後處理器	43	第四章 大客車上層結構補強型式資料搜集與分析	48
3.2.2 後處理器	43	4.1 載具結構補強型式	48	4.1.1 汽車結構補強型式	48
4.1 載具結構補強型式	48	4.1.1 汽車結構補強型式	48	4.1.2 船舶結構補強型式	49
4.1.1 汽車結構補強型式	48	4.1.2 船舶結構補強型式	49	4.2 大客車上層結構補強型式之分類與應用部位	50
4.1.2 船舶結構補強型式	49	4.2 大客車上層結構補強型式之分類與應用部位	50	第五章 大客車上層結構補強型式之設計與分析	60
4.2 大客車上層結構補強型式之分類與應用部位	50	5.1 大客車骨架擠壓試驗與分析	60	5.1.1 大客車骨架擠壓試驗之設置	61
5.1 大客車骨架擠壓試驗與分析	60	5.1.1 大客車骨架擠壓試驗之設置	61	5.1.2 大客車骨架擠壓試驗	61
5.1.1 大客車骨架擠壓試驗之設置	61	5.2 大客車骨架擠壓試驗數值模擬環境之建立	63	5.2.1 大客車骨架擠壓試驗之有限元素模型	63
5.1.2 大客車骨架擠壓試驗	61	5.2 大客車骨架擠壓試驗數值模擬環境之建立	63	5.2.2 大客車骨架擠壓試驗數值模擬之驗證	65
5.2 大客車骨架擠壓試驗數值模擬環境之建立	63	5.3 大客車各部位骨架結構補強型式之數值模擬	67	5.3.1 車頂結構補強型式之數值模擬	67
5.2.2 大客車骨架擠壓試驗數值模擬之驗證	65	5.3 大客車各部位骨架結構補強型式之數值模擬	67	5.3.2 邊柱結構補強型式之數值模擬	69
5.3 大客車各部位骨架結構補強型式之數值模擬	67	5.3.1 車頂結構補強型式之數值模擬	67	5.3.3 底層結構補	69
5.3.1 車頂結構補強型式之數值模擬	67	5.3.2 邊柱結構補強型式之數值模擬	69	5.3.3 底層結構補	69

強型式之數值模擬	72	5.3.4 結果分析與討論	74	第六章 大客車骨架結構補強型式之評估	100
業界訪談之結果	100	6.2 大客車各部位骨架結構補強型式之評估	101	6.2.1 車頂結構補強型式效能之評估	102
		6.2.2 邊柱結構補強型式效能之評估	102	6.2.3 底層結構補強型式效能之評估	103
		6.2.4 各部位較佳結構補強型式之評估	104	第七章 大客車翻覆試驗之數值模擬分析	111
		7.1 歐規ECE R66大客車翻覆試驗之數值模擬 環境建構	111	7.2 大客車車身段骨架翻覆試驗之動態反應分析 ..	112
		7.2.1 大客車車身段有限元素模型之建構	113	7.2.2 大客車車身段翻覆試驗數值模擬分析結果 ..	113
		7.3 設置結構補強型式之大客車車身段翻覆試驗分析	115	7.3.1 設置大客車車身段各部位適用之補強型式 ..	115
		7.3.2 已補強之大客車車身段翻覆試驗數值模擬分析	116	7.3.3 比較分析與討論	117
		7.4 大客車整車骨架翻覆試驗之動態反應分析	118	7.4.1 大客車整車有限元素模型之建構	119
		7.4.2 大客車整車翻覆試驗數值模擬分析結果 ...	119	7.5 設置結構補強型式之大客車整車翻覆試驗分析	121
		7.5.1 設置大客車整車各部位適用之補強型式	121	7.5.2 已補強之大客車整車翻覆試驗數值模擬分析	122
		7.5.3 比較分析與討論	123	7.6 大客車骨架結構強化與補強型式配置之建議 ..	124
		第八章 結論與未來展望	154	參考文獻	158
		附錄一 歐洲ECE 66法規-大客車上層結構強度法規 ..	162	附錄二 大客車業界訪談記錄	177
		附錄三 大客車各部位結構補強型式資料庫	189		

參考文獻

- [1] 行政院交通部, <http://www.motc.gov.tw/> [2] 奇摩新聞, <http://tw.news.yahoo.com/> [3] 東森新聞報, <http://www.ettoday.com/> [4] NHTSA, <http://www.nhtsa.dot.gov> [5] 王偉中, 葉銘泉, 任貽明, “大客車車體結構之安全性研究”, 財團法人車輛研究測試中心成果報告, 1993。
- [6] UNECE, <http://www.unece.org/> [7] TASS, <http://www.tass-safe.com/> [8] J. C. Brown, “The design and type approval of coach structures for roll-over using the CRASH-D program” *Int. J. of Vehicle Design*, vol. 11, nos 4/5, pp.361-373. (1990) [9] D. Kecman, M. Djokic, “The effect and modeling of ‘finite stiffness hinges’ in the collapse analysis of roll-over safety rings in buses and coaches”, *Int.J. of Vehicle Design*, vol. 11 ,nos4/5, pp.374-384. (1990) [10] T. Roca, J. Arbiol and S. Ruiz, “Development of rollover – resistance bus structures”, *Society of Automotive Engineers*, 970581 (1997) [11] M. Matolcsy, “Development Possibilities in Relation to ECE Regulation 66 (Bus Rollover Protection)”, *The 16th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*, Paper Number:98-S4-O-04 (1998) [12] S. Vincze, “European Test Methods for Superstructures of Buses and Coaches Related to ECE R66(The Applied Hungarian Calculation Method)”, *The 16th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*, Paper Number:98-S4-P-18 (1998) [13] 范志銘, “國內傾斜穩定度法規檢測制度建立研究”, 經濟部八十八年度科技研究發展專案計畫技術報告, 1999 [14] J. C. Anderson, “Rollover Crashworthiness of a New Coach Structure” *Society of Automotive Engineers*, 2000-01-3520 (2000) [15] M. Matolcsy, “Body section rollover test as an approval method for requires strength of bus superstructures”, *Society of Automotive Engineers*, 2001-01-3209 (2001) [16] M. Matyas “Protection of Bus Drivers in Frontal Collisions” *The 18th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*, Paper Number:359 (2003) [17] 吳昌明, “大客車車身結構之翻覆強度分析”, 大葉大學車輛工程研究所碩士班畢業論文, 2004。
- [18] 梁卓中, 林育正, 吳昌明, “歐規ECE R66 大客車車身段翻覆試驗之數值模擬”, 第二十一屆全國學術研會論文集, pp.3269-3274, 2004。
- [19] 梁卓中, 黃朝琴, 吳昌明, 張瑞宏, “歐規ECE R66 大客車車身段擺錘碰撞試驗之數值模擬”, 第二十一屆全國學術研會論文集, pp.3275-3280, 2004。
- [20] 梁卓中, 粘鴻祺, 蔡易修, “美規FMVSS 220 校車車頂擠壓試驗之數值模擬”, 第二十一屆全國學術研會論文集, pp.3281-3285, 2004。
- [21] 梁卓中, 蔡易修, 粘鴻祺, “大客車門窗開口對強度之影響及設計建議”, *車輛研究資訊雙月刊*, pp.2-7, 2005-03。
- [22] 張瑞宏, “提升大客車車體結構強度之研究”, 大葉大學車輛工程研究所碩士班畢業論文, 2005。
- [23] 王偉中, 葉銘泉, 任貽明, “大客車車體結構之安全性研究”, 財團法人車輛研究測試中心成果報告, 1993。
- [24] 徐康聰, 黃天澤, “客車折彎件的電腦分析”, *客車技術與研究(中國大陸)*, 1997。
- [25] 羅升, “中型客車三段式車架設計”, *客車技術與研究(中國大陸)*, 1997。
- [26] 馬建, “大客車車架縱梁強度程式化計算模型探”, *客車技術與研究(中國大陸)*, 1997。
- [27] 詹耀進, 倪少虎, “三段式高地板客車底盤的設計”, *客車技術與研究(中國大陸)*, 1997。
- [28] 劉兆賢, “CK6980 型客車底盤車架的設計”, *客車技術與研究(中國大陸)*, 1997。
- [29] 陳吉清, 莊鳳崇, J.Lin, “客車概念設計階段的車身結構優化設計分析”, *機械設計與研究(中國大陸)*, 第20 卷第3 期, 2004。
- [30] 梁新華, 朱平, 林忠欽, 何俊, 張彥, “有限元法與試驗法相結合進行客車車架結構分析”, *機械設計與研究(中國大陸)*, 第20 卷第6 期, 2004。
- [31] 朱靜, 左言言, 吳爽, 洪建海, 許云, “輕型客車車身的有限元 模態分析”(中國大陸), 1006 ~ 1355, 2005。
- [32] 林育正, “建立大客車骨架擠壓分析測試與優化之設計方法”, 第 11 屆ABAQUS Taiwan User’s Conferevce, 2006。
- [33] L. McCray and B. A Aida, “Simulations of Large School Bus Safety Restraint-NHTSA”, *The 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*, Paper Number:313 (2001) [34] J. C Elias, L. K Sullivan and L. B. McCray, “Large School Bus Safety

- Restraint Evaluatoin ”, The 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Paper Number:345 (2001) [35] Savaidis, “ Hot-Spot Stress Evaluation of fatigue in Welded Structural Connections Supported By FiniteElement Analysis ”, Initional Journal of Fatigue 22 (2000) 85-91 [36] 林育正, 吳建勳, 林源富, “ 建立大客車骨架擠壓分析測試與優化之設計方法 ”, 第11屆ABAQUS Taiwan User ' s Conferevce , 2006。
- [37] 周荻翔, 蔡顯榮, 蔡宗亮, 毛慶平, “ 建立大客車骨架結構焊接 規範 ”, 第11屆車輛工程學術研討會, 2006。
- [38] 車輛研究測試中心, <http://www.artc.org.tw/>。
- [39] 財團法人車輛研究測試中心, 大客車設計應用技術研討會, 2004。
- [40] LS-DYNA THEORETICAL MANUAL, 1998 [41] LS-DYNA KEYWORD USE ' S MANUAL, V970, 2003 [42] 潘建道, “ 車門防護裝置之抗撞性能分析 ”, 大葉大學車輛工程 研究所碩士班畢業論文, 2005。