

小型賽車車架的設計與疲勞壽命分析

黃政介、李春穎 陳志鏗

E-mail: 9419546@mail.dyu.edu.tw

摘要

競賽車輛像本身不具懸吊及差速器系統之小型賽車 (Karting)，在過彎時如何利用車架之負載轉移設計，以提高抓地力爭取速度之問題更顯重要。本研究即針對金屬材料來設計並製作車輛車架，由現有市售金屬車架 (frame) 之分析與測試，先建立小型賽車車架在機械性能上之規格。由於賽車在競技過程中，難免有碰撞等動態負載，本研究接著將針對金屬材料，在動態負載下之分析理論作深入之探討。在設計工具上係以此材料規格配合整體架構之有限元素分析方法 (Finite Element Analysis, FEA)，進行車架結構之靜態、動態及模態負載分析設計，並配合靜、動剛性測試夾具，進行相關車架特性之實驗測試。最後，進行各項機械性能測試，以驗證分析理論與設計方法之正確性。本研究目前已對市售車架進行FEA分析與實驗量測，兩者之靜態扭轉勁度差異，已可控制在2%以下。藉由此FEA分析作為設計工具，目前已設計出具有調整車架勁度之外掛調整裝置，能提供在基本的車架架構20%內的扭轉剛度的調整。

關鍵詞：小型賽車，車架，有限元素分析方法

目錄

第一章 緒論	1	1.1 前言	1	1.2 研究動機	3
.....	3	1.3 研究目的	3	1.4 本文架構	4
.....	4	第二章 文獻探討	5	2.1 小型競賽車Karting 發展史簡介	5
.....	5	2.1.1 小型競賽車的特徵	9	2.1.2 小型競賽車車架的形式	10
.....	10	2.2 國內外相關之研究	13	2.2.1 小型競賽車之相關文獻	13
.....	13	2.2.2 疲勞問題之相關文獻	24	第三章 研究方法與進行步驟	29
.....	29	3.1 前言	29	3.2 有限元素法	29
.....	29	3.2.1 有限元素法之基本理論	30	3.3 電腦輔助工程分析軟體 ANSYS	32
之架構簡介	32	3.3.1 ANSYS 分析軟體的使用方法	33	3.4 實驗裝置之設計、製作與量測	40
.....	40	3.4.1 車架靜剛性之測試架構	40	3.4.2 多車架動態模態測試架構	42
.....	42	3.5 疲勞壽命分析	48	3.5.1 多軸等效應力及等效應變理論	49
.....	49	3.5.2 循環計數法	51	3.5.3 累積損傷法則	55
車架之初步受力分析	57	第四章 結果與討論	63	4.1 元素大小之收斂性	63
.....	63	4.2 小型賽車之整體扭轉勁度	65	4.2.1 計算小型賽車之整體等效扭轉	66
勁度	66	4.2.2 不同小型賽車車架構型之探討	68	4.2.3 實驗量測與模擬分析之比較	73
.....	73	4.3 小型競賽車之車架疲勞壽命分析	75	4.4 自行設計小型競賽車之車架	82
.....	82	4.4.1 自行設計小型競賽車之車架扭轉勁度分析	84	4.4.2 自行設計小型競賽車之車架	87
疲勞壽命分析	87	4.4.3 自行設計小型競賽車之車架外掛勁度調整桿件扭轉勁度分析	89	4.4.4 自行設計小型	94
競賽車之車架外掛勁度調整桿件疲勞壽命分析	94	第五章 結論與未來展望	97	5.1 結論	97
.....	97	5.2 後續研究方向	99	參考文獻	101
.....	101				

參考文獻

- [1] 經濟部工業局，「經濟部工業局推動新興產業之發展政策與方向新聞稿」，91年3月5日，2002。
- [2] RKS 竹南小型賽車場網頁，<http://www.rks.idv.tw/> [3] 國際小型賽車委員會/國際汽車聯合會(Commission Internationale de Karting / Federation Internationale de l'Automobile, CIK/FIA)，<http://www.cikfia.com/> [4] 中華賽車會CTMSA “如何振興台灣小型賽車運動社論”，2003。
- [5] 中華賽車會CTMSA 網頁，<http://www.ctmsa.org.tw/> [6] H. Wiggins, Jr., “Go-Kart Chassis Formed from Tubular Sections,” US Patent No. 6022049, 2000.
- [7] R. Davis, “Go-Kart Chassis,” UK Patent No. GB2030527A, 1979.
- [8] B. M. H. Sheridan, “Adjustable Cross-Loading Go-Kart Chassis,” US Patent No. 6039335, 2000.

- [9] L. C. Amundsen and R. C. Amundsen, " Vehicle Frame with Independent Seat Frame, " US Patent No. 5265690, 1993.
- [10] R. Baudille, M. E. Biancolini, C. Brutti, L. Reccia, " Analisi integrata multi-body FEM del comportamento dinamico di un kart " , AIAS 2001, Alghero, settembre 2001.
- [11] E. Pezzuti, L. Reccia, A. Ubertini, A. Gaspari, " Analisi dell ' interazione pilota-kart mediante tecnica multi-body " , AIAS 2002, settembre 2002.
- [12] L. Solazzi, S. Matteazzi, " Analisi e sviluppi strutturali di un telaio per kart da competizione " , AIAS 2002, Settembre 2002.
- [13] M. E. Biancolini, R. Baudille, C. Brutti, L. Reccia, " Integrated Multi-body/FEM Analysis of Vehicle Dynamic Behaviour " , Fisita Congress, Giugno 2002.
- [14] T. Amato, F. Frendo, M. Guiggiani, " Handling Behavior of Racing Karts " , SAE Paper, No.2002-01-2179, 2002.
- [15] <http://www.torvergata-karting.it/article/articleview/11/1/2/> [16] Christopher Stephen Atkinson, " Vehicle, " US Patent No. 6267388 B1, 2001.
- [17] S. J. Park, W. S. Cheung, Y. G. Cho, and Y. S. Yoon, " Dynamic Ride Quality Investigation for Passenger Car, " SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, Feb. 23 – Feb. 26, 1998.
- [18] S. J. Park, S. W. Kim, and K. S. Kwon, " A Study on the Assessment of Driver ' s Fatigue, " SAE 2002 World Congress, Detroit, Michigan, Mar. 4 – Mar. 7, 2002.
- [19] L. Huang, H. Agrawal, and P. Kurudyara, " Dynamic Durability Analysis of Automotive Structures, " SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, Feb. 23 – Feb. 26, 1998.
- [20] 梁卓中、鄧作樑、游家華, " 單人座小型賽車Go-kart 行駛 彎道之車架分析 " , 第20 屆機械工程研討會, 第C 冊固力 與設計上集, No.1701~1708, 2003.
- [21] 游家華, " 單人座小型賽車(Go-kart)車架之結構分析與設計 " , 大葉大學車輛工程研究所碩士班畢業論文, 2004.
- [22] 梁卓中、鄧作樑、游家華、吳佳璟, " 單人座小型賽車(Go-Kart) 車架之扭轉勁度分析 " , 第28 屆全國力學會議 No.1160~1166, 2004.
- [23] A. Wohler, "Über die Festigkeitversuche mit Eisen und Stahl," Zeitschrift für Bauwesen, Vol. VIII, X, XIII, XVI, and XX, 1860/70.
- [24] H. Gerber, "Bestimmung der Zulässigen Spannungen in Eisen-konstruktionen," Zeitschrift des Bayerischen Architecten und Ingenieur-Vereins, 6, 101-110, 1874.
- [25] J. Goodman, "Mechanics Applied to Engineering, " London, Longmans, Green, 1899.
- [26] J. Bauchinger, "Ueber die Veränderungen der Elastizitätsgrenze Erwarman Abkühlen und durch oftmals wiederholte Belastung, " Mitt: Mech-Tech Lab., XIII München, 1886.
- [27] J. A. Ewing, and J. C. Humfrey, "The Fracture of Metals under Rapid Alterations of Stress," Philosophical Transactions of the Royal Society, London, A200, 241,250, 1903.
- [28] O. H. Basquin, "The Exponential Law of Endurance Test," Proceedings of the American Society for Testing and Materials, 10, 625,630, 1910.
- [29] L. Bairstow, "The Elastic Limits of Iron and Steel under Cyclic Variations of Stress," Philosophical Transactions of the Royal Society, London, A210, 33,55, 1910.
- [30] 劉松柏譯, " 材料強度破壞學 " , 成環科技叢書系列。
- [31] H. J. Cough, "The Fatigue of Metals, " Scott, Greenwood and Son, London, 1926.
- [32] H. F. Moore, and J. B. Kommers, "The Fatigue of Metals," McGraw-Hill Book Co., New York, 1927.
- [33] L. F. Coffin, "A Study of Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Metal," Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, 76, 931,950, 1954.
- [34] S. S. Manson, "Behavior of Materials under Conditions of Thermal Stress," National Advisory Commission on Aeronautics, Report 1170, Cleveland: Lewis Flight Propulsion Laboratory, 1954.
- [35] 荒木透、堀部進共譯, " 日本東京。
- [36] 小颯工作室編, " 最新經典ANSYS 及Workbench 教程 " , 電子工業出版社, 中華人民共和國北京。
- [37] 王村編著, " 電腦輔助工程分析之實務與應用 " , 全華科技圖書股份有限公司。
- [38] 陳精一編著, " ANSYS 7.0 電腦輔助工程實務分析 " , 全華 科技圖書股份有限公司。
- [39] 賴育良、林啟豪、謝忠祐著, " ANSYS 電腦輔助工程分析 " , 儒林圖書有限公司。
- [40] 康淵、陳信吉編著, " ANSYS 入門《修訂二版》 " , 全華科技圖書股份有限公司。
- [41] 夸克工作室, 謝忠祐策劃, 洪慶章、劉清吉、郭嘉源編著, " ANSYS 教學範例 " , 知城數位科技股份有限公司。
- [42] Swansea ANSYS 8.1 Help.
- [43] W. B. Riley, and A. R. George, " Design, Analysis and Testing of a Formula SAE Car Chassis, " Motorsports Engineering Conference and Exhibition, Dec. 2 – Dec. 5, 2002, Indianapolis, Indiana.
- [44] L. Huang, H. Agrawal, and O. Kurudyara, " Dynamic Durability Analysis of Automotive Structures, " SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, Feb. 23 – Feb. 26, 1998.

- [45] 林根源、張榮明、張誌煌，"機車車架之電腦輔助耐久性設計"，車輛研測資訊，第三十六期。
- [46] T. Gillespie，"Fundamentals of Vehicle Dynamics"，SAE Paper，pp.210-214,1993.
- [47] S. M. Tipton and D. V. Nelson, "Multiaxial Fatigue Life Predictions for the SAE Specimen Using Stress Based Approaches," Multiaxial Fatigue: Analysis and Experiments, Society of Automotive Engineers AE-14, pp. 121-137, 1989.
- [48] F. Ellyin and B. Valaire, "Development of Fatigue Failure Theories for Multiaxial High Strain Conditions," SM Archives, Vol. 10, Martinus Nijhoff Publishers, pp. 45-85, 1985.
- [49] M. W. Brown and K. J. Miller, "A Theory for Fatigue under Multiaxial Stress-Strain Condition," in Proceeding of the Institute of Mechanical Engineers, Vol. 187, pp. 745-755, 1978.
- [50] D. Socie, "Mutiaxial Fatigue Damage Models," Journal of Engineering Material and Technology, Vol. 109, pp. 293-298, 1987.
- [51] R. N. Smith, P. Watson and T. H. Topper, "A Stress Strain Function for the Fatigue of Metal," Journal of Materials, Vol. 5, No. 4, pp. 767-778, 1970.
- [52] M. Matsuishi and T. Endo, "Fatigue of Metals Subjected to Varying Stress," paper presented to Japan Society of Mechanical Engineers, Fukuoka, Japan, 1968.
- [53] SRF 溪湖小型賽車場網頁，<http://www.24hy.net.tw/srf/> [54] J. A. Bannantine, J. J. Comer and L. J. Handrock, "Fundamentals of Metal Fatigue Analysis," Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.
- [55] 藤原浩、小出直人、町台三郎編輯，"RACINGKART 百科2005"，交通社株式会社出版，日本東京。