

# Fatigue Analysis of Go-Kart Frame by Equilibrium-Equivalent Structure Stress Method

葉建志、李春穎

E-mail: 9511420@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

Competition Go-kart is not equipped with differential gear and suspension system, so it is very important to raise tire fraction by the ability of load transfer of kart frame. In this study, Finite Element Analysis (FEA) was used to perform static, dynamic, and modal analyses of the kart frame. With some designed clamps used in static and dynamic tests, experiments on the characteristics of the frame were conducted. Every test about the mechanical property was done to validate the accuracy of the analytical theory and design method. Most components of machines have the characteristic of accumulating of damage during cyclic loading, and this is the reason of fatigue of material. Generally, S-N curve is used to describe the life of material in fatigue test, but actually, it must be combined with suitable fatigue mode to obtain the value of accumulation of damage of the material. In the analysis of fatigue life of kart frame, by observing the results of static test, it was found that the welding point near the front wheel of frame may be the critical location, and stress concentration occurred. Also, the stress could not be precisely calculated at the weld toe due to the singularity of stress. Therefore, by the method of equilibrium-equivalent structural stress and FEA, the structure stress at the welding point was precisely calculated. By incorporating the Manson-Coffin equation of strain and fatigue life, the fatigue life of whole frame was obtained. In the simulation racing track, the path was too short and could not solve the working life of chassis by strain amplitude. When the strain amplitude was 10 times amplified, the 165 cycle loading history of the chassis could be obtained.

Keywords : Go-kart, frame, Finite Element Analysis, method of equilibrium -equivalent structural stress

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v	
誌謝.....	v	目錄.....	vi	圖目錄.....	vii	
表目錄.....	x	符號說明.....	xiii	第一章 緒論	xiv	
1.1 前言.....	1	1.2 研究動機.....	3	1.3 研究目的.....	3	
1.4 本文架構.....	4	第二章 文獻探討	2.1 小型競賽車Go-kart介紹.....	5	2.2 國內外相關之研究.....	13
第三章 研究方法與進行步驟	3.1 簡介.....	24	3.2 有限元素法之基本理論.....	24	3.3 ANSYS分析軟體之介紹及設定.....	25
3.4 小型競賽車架分析的步驟.....	30	3.5 實驗裝置之設計、製作與量測.....	34	3.6 疲勞壽命理論.....	39	
第四章 結果與討論	4.1 網格化元素收斂性分析.....	47	4.2 小型賽車車架之分析評估.....	48	4.3 等效結構應力法應用之2-D實體元素應力分析.....	56
4.4 小型賽車車架焊接端之應力分析.....	58	4.5 小型賽車車架之疲勞壽命分析.....	66	第五章 結論.....	68	
參考文獻.....	70	圖目錄	圖1.1 小型競賽車輛 ( Karting ) 之系統組成	2	圖2.1 小型競賽車輛	8
圖2.2 小型競賽車輛之操控情形	8	圖2.3 小型競賽車輛之分解圖	9	圖2.4 A型車架示意圖	10	
圖2.5 Rudder型車架示意圖	11	圖2.6 A型變形車架示意圖	12	圖2.7 X型車架示意圖	12	
圖2.8 電腦輔助工程設計建立之車架模型	13	圖2.9 不同Karting車架構型之彎曲部分距離d	14	圖2.10 一般結構桿件車架：( A ) 均勻管材，直徑28.5mm；( B ) 縱向增強管材 ( 粗線 )，直徑32mm	15	
圖2.11 負載轉移桿件機構示意圖	16	圖2.12 轉向放射狀桿件示意圖	17	圖2.13 轉向放射狀桿件可調整左右兩側之角度示意圖	17	
圖2.14 小型賽車車架扭轉勁度分析模型	18	圖2.15 JIS S10C鋼之Manson-Coffin Plot	22	圖2.16 焊接處之結構應力分佈圖	23	
圖3.1 ANSYS分析處理之流程圖	29	圖3.2 自行研發之小型賽車車架的幾何形狀	31	圖3.3 CAE簡化小型賽車車架之管元素模型	32	
圖3.4 車架夾治具實際圖	33	圖3.5 左邊為自製研發車架、右邊為市售車架及差異處	35	圖3.6 車架靜態負載之測試示意圖	36	
圖3.7 車架靜態負載之測試實際圖	36	圖3.8 車架動態負載之測試示意圖	37	圖3.9 車架動態負載之測試儀器設備照相圖	38	
圖3.10 穿過厚度t的結構應力計算步驟示意圖	41	圖3.11 低週次疲勞 曲線與遲滯環對應圖	44	圖3.12 雨流法示意圖	46	
圖4.1 網格尺寸大小與位移量之關係圖	48	圖4.2 自行設計之車架	49	圖4.3 小型賽車之邊界設定及施力負載圖	51	
圖4.4 負載與卸載時之位移關係圖	52	圖4.5 自行設計之扭轉勁度調整桿件	54	圖4.6 2-D實體元素模型邊界設定之示意圖	57	
圖4.7 2-D實體元素焊接模型放大示意圖	58	圖4.8 分析車架應力與壽命之流程圖	59	圖4.9 小型賽車之整車模型	60	
圖4.10 CAD建立之路面路徑	60	圖4.11 右前輪反力	61	圖4.12 左前輪反力	61	
圖4.13 小型賽車之管元素車架焊接處示意圖	63	圖4.14 小型賽車車架右前輪架構之局部模型	63	圖4.15 計算焊接處 A、B 兩點的示意圖	64	
圖4.16 A點垂直位置之節點示意圖	64	圖4.17 車架再模擬路面行駛之應變-時間曲線	67	表目錄	表2.1 小型賽車車架添加桿件之位置	19

表2.2 車架寬度改變之Karting幾何構型 20 表2.3 自行設計車架與車架(A)、(B)之扭轉勁度比較 21 表4.1 車實驗量測之位移量及扭轉勁度表 52 表4.2 市售車架實驗與模擬分析之扭轉勁度比較 53 表4.3 自製車架實驗與模擬之扭轉勁度比較 53 表4.4 原始車架與增添外掛桿件之扭轉勁度 55 表4.5 市售車與自製車架之頻率與阻尼比較 56 表4.6 不同尺寸之2-D實體元素計算所得結構應力 58 表4.7 自製車架之管與實體元素分析結果的扭轉勁度比較 62 表4.8 A點垂直方向各負載節點之應力與剪應力 65 表4.9 不同尺寸之3-D實體元素計算所得結構應力 66

## REFERENCES

- 【1】行政院體育委員會“賽車場設置與規範制度之研究”，2003。【2】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。【3】<http://www.honeylakesports.com/kart%20structure.htm/>【4】RKS竹南小型賽車場網頁，<http://www.rks.idv.tw/>【5】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/>【6】中華賽車會CTMSA“如何振興台灣小型賽車運動社論”，2003。【7】中華賽車會CTMSA網頁，<http://www.ctmsa.org.tw/>【8】藤原浩、小出直人、町台三郎編輯，“RACINGKART……百科”，交通…社株式.社出版，日本東京2005。【9】E. Pezzuti, L. Reccia, A. Ubertini, A. Gaspari, “Analisi dell'interazione pilota-kart mediante tecnica multi-body”，AIAS 2002, settembre 2002。【10】M. E. Biancolini, R. Baudille, C. Brutti, L. Reccia, “Integrated Multi-body/FEM Analysis of Vehicle Dynamic Behaviour”，Fisita Congress, Giugno 2002。【11】L. Solazzi, S. Matteazzi, “Analisi e sviluppi strutturali di un telaio per kart da competizione”，AIAS 2002, Settembre 2002。【12】H. Wiggins, Jr., “Go-Kart Chassis Formed from Tubular Sections”，US Patent No. 6022049, 2000。【13】L. C. Amundsen and R. C. Amundsen, “Vehicle Frame with Independent Seat Frame”，US Patent No. 5265690, 1993【14】B. M. H. Sheridan, “Adjustable Cross-Loading Go-Kart Chassis”，US Patent No. 6039335, 2000。【15】Atkinson, “Vehicle”，US Patent No. 6267388 B1, 2001【16】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，pp.1701~1708，2003。【17】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 pp.1160~1166，2004。【18】黃政介，“小型賽車車架的設計與疲勞壽命分析”，大葉大學機械工程研究所碩士班畢業論文，2005。【19】L. F. Coffin, "A Study of Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Metal," Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, 76, pp.931-950, 1954。【20】S. S. Manson, "Behavior of Materials under Conditions of Thermal Stress," National Advisory Commission on Aeronautics, Report 1170, Cleveland: Lewis Flight Propulsion Laboratory, 1954。【21】劉松柏譯，“材料強度破壞學”，成環科技叢書系列。【22】P. Dong, "A structural stress definition and numerical implementation for fatigue analysis of welded joint," International Journal of Fatigue, 23, pp.865-876, 2001。【23】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。【24】W. Hertzberg, “Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, “ Second Edition, MEI YA Publications Inc. 1983。【25】M. Matsuishi and T. Endo, “Fatigue of Metals Subjected to Varying Stress,” Japan Society of Mechanical Engineers, Fukuoka, Japan, March 1968。【26】J. A. Bannantine, J. J. Comer and L. J. Handrock, “Fundamentals of Metal Fatigue Analysis,” Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990。