

Developments of the Minimum Weight Orthosis in Principal Joints of Lower Limbs Using Resin Transfer Molding

陳孔斌、賴民

E-mail: 9806258@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In this paper, the direction of the research is to develop orthoses in principal joints of lower limbs to substitute the gypsum. The paper is applying the optimization technique and manufacture method of fixed and adjustable-type for orthoses in principal joints of lower limbs design and development. We mainly use the orthoses in principal joints of lower limbs of the mechanical behavior analysis, the impact of modal analysis, the best of design, component shape and size, process parameters, manufacturing entities and experimental measurements etc area to study. The orthoses with a light weight, high permeability, high impact resistance qualities to improve on the weight of protective gear, hot or skin allergy caused by discomfort, inconvenience and other disadvantages. So that when patients use the orthoses can feel comfortable and to lighten the burden, and which manufacturing activities in style and the adjustable fixed adjustable knee orthoses from arthritis and cruciate ligament injuries to patients wearing rehabilitation, restoration of the effect of good effect. In this paper, the best method is to use particle swarm optimization algorithm to find the best protective gear Composites manufacturing process parameters; Manufacturing methods is use of hand-plot method and the resin transfer molding, we use of glass fibers and resin or carbon fiber prepreg materials to create a variety of lower extremity joint brace and using of ANSYS software to analysis orthoses of static and dynamic impact resistance. At the same time, we use experimental and theoretical analysis to verify the correctness of the best design. Finally, we do the durability of orthoses and patients' survey for designe to amend the most comfortable protective gear in order to achieve (a) fixed effects (b) the effect of air permeability (c) adjusted to facilitate (d) the wearing of safety, comfort and so on.

Keywords : Minimum Weight design、comfortable、impact、Resin Transfer Molding

Table of Contents

封面內頁	
簽名頁	
博碩士論文暨電子檔案上網授權書	iii
中文摘要	iv
ABSTRACT	v
致謝	vi
目錄	vii
圖目錄	x
表目錄	xv
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 研究目的	3
1.3 文獻回顧	3
1.4 研究流程	10
1.5 自行設計與開發的概念護具簡介	12
第二章 理論推導	14
2.1 多層殼元素理論	14
2.2 ANSYS暫態動力學理論	17
2.3 模態疊層相加法與直接積分法	19
2.4 直接積分法之顯示法與隱示法	19
2.4.1有限元素模型之建立	22
2.4.2靜態模型之建立	23
2.4.3暫態模型之建立	23

第三章 研究方法	25
3.1 護具材料的選用	25
3.2 護具的設計	29
3.3 護具的結構設計	31
3.4 製程規劃及實作	35
3.4.1手積法簡介	35
3.4.2樹脂轉注成型法(RTM)簡介	36
3.5 複材平板結構與單曲率殼構件的最佳化設計	38
3.5.1粒子群最佳化演算法簡介	40
3.5.2粒子群最佳化演算法範例	43
第四章 產品製作與量測實驗	49
4.1 複材平板結構的製作	49
4.1.1複材平板結構的製作方法及步驟	50
4.1.2下肢主要關節護具的製作	51
4.2 頂壓實驗	61
4.2.1複材碳纖維積層板的中間施力之頂壓試驗	61
4.2.2護膝頂壓試驗	63
4.3 衝擊試驗	64
4.3.1平板衝擊	64
4.3.2護具衝擊實驗	66
4.4 踝關節護具與膝部關節護具的製作	67
4.4.1腳踝關節護具	67
4.4.2膝關節護具	69
4.4.3具水準設計與因子組合	70
4.5膝關節及踝關節護具測試與問卷調查	71
第五章 實驗結果與理論值驗證	73
5.1膝關節及踝部護具的頂壓實驗結果與理論分析之比較	73
5.2衝擊模型驗證	77
5.2.1平板衝擊模型驗證	77
5.2.2單曲率殼構件衝擊模型驗證	79
5.3複合材料碳纖維板之衝擊實驗結果與理論分析之比較	84
5.4最佳化結果	89
5.5複合材料碳纖與玻纖之衝擊實驗與分析結果	92
5.5.1 最佳化結果	99
5.6護具問卷個案分析結果	104
5.6.1受試者	104
5.6.2測試結果	105
5.7下肢型護具-優缺點評估及改正	115
5.7.1病患試穿可調固定式膝型關節護具的優缺點	115
5.7.2病患試穿可調式膝型關節護具的優缺點	115
5.7.3病患試穿足踝型關節護具的優缺點	116
5.7.4護具穿戴結果討論	117
第六章 結論與未來研究方向	118
6.1 結論	118
6.2 未來研究方向	120
參考文獻	121

圖目錄

圖1.1現今病患常用護具產品圖	2
圖1.2腳踝護具組合圖	4
圖1.3國外腳踝護具圖	5
圖1.4骨關節炎護膝示意圖	7

圖1.5骨關節炎護膝示意圖 7
圖1.6 G- 膝關節支架[20] 9
圖1.7研究流程圖 11
圖1.8自行設計研發的可調式膝關節護具示意圖 13
圖1.9自行設計研發的可調固定式踝關節護具示意圖 13
圖2.1殼元素座標示意圖 17
圖2.2暫態動力學示意圖 18
圖2.3 Shell91 元素 22
圖2.4複合材料殼構件有限元素模型示意圖 23
圖2.5複合材料平板暫態衝擊模型 24
圖3.1蜂巢式結構 28
圖3.2惰性泡棉 28
圖3.3奈米銀粉體 28
圖3.4銀離子淨化機制 28
圖3.6下肢護具示意圖 30
圖3.7支架設計組合圖 32
圖3.8可調固定式腳踝支架之前視圖(一) 33
圖3.9可調固定式腳踝支架後視圖(二) 33
圖3.10可調固定式膝蓋支架 33
圖3.11可調活動式支架示意圖 34
圖3.12可調活動式支架組立圖 34
圖3.13手積法示意圖 36
圖3.14 RTM示意圖 37
圖3.15複材平板結構示意圖 38
圖3.16邊界條件為四邊固定 39
圖3.17邊界條件為簡支 39
圖3.18邊界條件為四邊固定與兩邊固定 40
圖3.19邊界條件為四邊SS1與兩邊 40
圖3.20 PSO演算法 41
圖3.21粒子群演算法流程圖 42
圖3.22 $b/a=1/4$ 層之收斂曲線 48
圖4.1碳纖維(長纖) 49
圖4.2玻璃纖維(長纖) 49
圖4.3裁切複材且平鋪於模具上 50
圖4.4固定模具 50
圖4.5複材平板烘烤完成後 51
圖4.6 $[0^\circ/90^\circ]$ 纖維方向玻璃纖維布 52
圖4.7樹脂與硬化劑 52
圖4.8石膏模型 52
圖4.9墊上玻璃紙 52
圖4.10蓋上一層玻璃紙 53
圖4.11以滾輪將氣泡擠出 53
圖4.12長尾夾固定 53
圖4.13靜置十分鐘 53
圖4.14小金屬模型圖 54
圖4.15大金屬模型圖 54
圖4.16 (A)玻纖試片及(B)碳纖試片手積法成型後 54
圖4.17模具上脫模蠟示意圖 55
圖4.18接縫處塗上口香糖膠 55
圖4.19將橡膠條密封在弧型模具處 56
圖4.20把裁切好的玻纖布放入模具中 56
圖4.21樹脂注入機與加壓槍 57
圖4.23將拷克閥的一端接上真空幫浦 58

圖4.24將樹脂抽出	58
圖4.25利用接合鎖控制流量	59
圖4.26一百二十度烘烤30分鐘	59
圖4.27將成型後的模型取出放置	60
圖4.28玻纖RTM成型後的成品	60
圖4.29複材平板中心點	61
圖4.30固定複材平板	62
圖4.31頂針與位移計對齊中心點	62
圖4.32頂壓實驗	63
圖4.33膝關節護具頂壓測試	64
圖4.34利用Rhino軟體掃描	64
圖4.35中心點位置	65
圖4.36衝球與位移計對齊中心點	65
圖4.37結構四邊固定住	66
圖4.38衝球與位移計對齊中心點	67
圖4.39下肢護具模具	68
圖4.40腳踝護具與護具穿戴示意圖	69
圖4.41膝關節護具與護具穿戴示意圖	69
圖4.42護具設計因子圖	70
圖4.43病患試穿可調固定式護具	71
圖4.44病患試穿可調活動式護具	72
圖4.45腳踝護具動態與靜態穿戴示意圖	72
圖5.1邊界條件示意圖	74
圖5.2不同元素切割數的位移	74
圖5.3最大位移圖及邊界條件設定	74
圖5.4邊界條件示意圖	76
圖5.5最大位移圖	76
圖5.6 FORTRAN衝擊模型圖	77
圖5.7弧型殼衝擊模型圖	80
圖5.8弧型殼Mesh示意圖	82
圖5.10弧型殼不同速度下的最大位移趨勢圖	83
圖5.11纖維複合材料平板碳模型	85
圖5.12複合材料護具切割原素收斂圖	85
圖5.13 [90o /0o /45o /-45o]s 10cm位移比對smooth衝擊曲線	88
圖5.14 [90o /0o /45o /-45o]s 20cm位移比對smooth曲線	89
圖5.15碳纖維與玻纖複合材料護具模型圖	93
圖5.16 [0°/90°/90°/0°] 邊界條件為SS1的RTM與手積法及碳纖20cm位移比對	95
圖5.17衝擊示意圖	95
圖5.18高球衝擊示意圖	96
圖5.19 [90o /0o /45o /-45o]s玻纖10cm位移比對smooth衝擊曲線	98
圖5.20 [90o /0o /45o /-45o]s碳纖10cm位移比對smooth衝擊曲線	98
圖5.21可調固定式膝關節護具General Linear Model 分析圖	105
圖5.22可調式膝關節護具General Linear Model 分析圖	109
圖5.23踝關節護具General Linear Model 分析圖	112

表目錄

表3.1 TGFW-600利用RTM製程之材料性質	26
表3.2惰性泡棉規格表	27
表3.3碳纖複材平板設計參數表	44
表3.4碳纖維之材料性質表	44
表3.5疊層角度編碼	45
表3.6初始解	46

表3.7第一代粒子	46
表3.8第七代粒子	47
表3.9第二十代收斂的最佳化結果	47
表4.1護具組合設計表	70
表5.1利用元素Solid46分析護具施加載重5N的中間位移結果	75
表5.2利用元素Shell99分析護具施加載重5N的中間位移結果	75
表5.3 ANSYS分析、FORTRAN程式分析與實驗值之比較	76
表5.4 Clamp複材平板中心受衝擊之最佳疊層角度與位移值	78
表5.5不同理論分析位移值比對結果	79
表5.6材料常數與參數設定	81
表5.7邊界條件為SS1之單曲率?構件ANSYS建模分析結果	84
表5.8碳纖維與玻璃纖維(手積法)與RTM材料性質	86
表5.9四邊SS1 [0o/90o/0o/90o]s碳纖平板試片衝擊時中心點位移的實驗與理論值比較表	86
表5.10四邊SS1 [90o/0o/45o/-45o]s碳纖平板試片衝擊時中心點位移的實驗與理論值比較表	87
表5.11四邊SS1 [0o/90o/0o]s四邊SS1碳纖平板試片衝擊時中心點位移的實驗與理論值比較表	87
表5.12四邊SS1 [45o/-45o/45o]s碳纖平板 試片衝擊時中心點位移的實驗與理論值比較表	88
表5.13粒子群演算法之設計參數	90
表5.14邊界為SS1的碳纖維平板中間集中載重的最佳化結果表	91
表5.15邊界條件邊界條件為Clamp的碳纖維平板中間集中載重的最佳化結果表	92
表5.16兩邊SS1 [0?/90?/90/?0?]s的手積法玻纖護具試片衝擊理論分析與實驗值之誤差比較表	93
表5.17兩邊SS1 [0?/90?/0?/90?]S的碳纖護具試片誤差比較表	94
表5.18 RTM與手積法及碳纖試片誤差比較表	94
表5.19兩邊SS1 [90o/0o/45o/-45o]s (手積法)玻纖試片衝擊實驗與理論值比較	97
表5.20兩邊SS1 [90o/0o/45o/-45o]s碳纖試片衝擊實驗與理論值比較	97
表5.21四邊不同邊界條件之碳纖維單曲率殼構件受衝擊的最佳化結果比較表一	100
表5.22不同邊界條件3層組變數之最佳化與任意角度之比較	101
表5.23二邊不同邊界條件之碳纖維單曲率殼構件受衝擊的最佳化結果比較表一	102
表5.24不同邊界條件4層組變數之最佳化結果與任意角度之比較	103
表5.25受試者資料	104
表5.26可調固定式膝關節護具分析結果一	106
表5.27可調固定式膝關節護具分析結果二	107
表5.28可調固定式膝關節護具分析結果三	108
表5.29可調式膝關節護具分析結果一	109
表5.30可調式膝關節護具分析結果一	110
表5.31可調式膝關節護具分析結果二	111
表5.32踝關節護具分析結果一	112
表5.33踝關節護具分析結果二	113
表5.34踝關節護具分析結果三	114

REFERENCES

- 中文參考文獻[1] 吳光啟, “膝肘護具”, 中華民國專利公報, M296066, 2006.8.21.
- [2] 吳光啟, “膝關節輔具之關節結構”, 中華民國專利公報, M252394, 2004.
- [3] 黃昌宏, “可調固定式和旋轉式脛骨元件人工膝關節之應力分析”, 國立陽明大學醫學工程研究所碩士論文, 2001.
- [4] 許鵬飛, “供中風患者步行訓練之膝關節控制器設計”, 中原大學醫學工程研究所碩士論文, 2001.
- [5] 李貴琪, 邢文影, 余廷耀, “應用於運動器材之高光澤耐摩耗奈米塗料之研發”, NSC 90-2216-E-034-033, 中國文化大學紡織工程學系.
- [6] 陳秀佩, “膝支架之生物力學評估”, 國立成功大學醫學工程研究所碩士論文, 1995.
- [7] 賴?民、林子傑、王正賢、林志忻, “功能性鞋墊的研發與下肢輕量型護具的設計”, 2007.
- [8] 林志忻, “下肢主要關節輕量型護具的最佳化設計”, 私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文, 2008.
- [9] 廖偉智, “複合材料三明治殼構件輕量化設計與製造”, 私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文, 2008.
- [10] 陳煊煒, “複合材料殼構件的力學行為分析與最佳化設計”, 私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文, 2005.
- [11] 李東穎, “奈米碳管加勁複合材料平板式揚聲器之最佳設計”, 私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文, 2006.
- [13] 許雅真, “應用類啟發式演算法於複合材料板之高勁度設計與輕量化設計”, 私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文, 2005.

[14]許明發,郭文雄編著,複合材料,高立圖書有限公司,2004。

[15]余淑惠,陳世明,余廷耀,"應用於運動器材之高光澤耐摩耗奈米塗料之研發",行政院國家科學委員會專題研究計畫,萬能科技大學化工與材料工程系。

[16]卓柏憲,"三明治複合材料葉片振動性能之研究",逢甲大學紡織工程研究所碩士論文,2004。

[17]劉晉奇,褚晴暉編著,有限元素分析與ANSYS的工程應用,滄海書局,2007.英文參考文獻[12]Dorigo M., Maniezzo V., and Colorni A., "Positive Feedback as a Search Strategy", Technical Report 91-016, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano. IT., 1991.

[18]Shirley, T. S., "Stance-Correcting Knee Brace" U. S. Patent, 2000.

[19]Cawley, P. W.; Mason, J. T., "Adjustable Hinge Assembly for an Osteoarthritic Knee Brace," U. S. Patent, 1998[20]Taylor, D. A.; "Multi-Purpose Brace," U. S. Patent, 1998.

[21]Katsuragawa, Y.; Fukui, N.; Nakamura, K., "Change of Bone Mineral Density with Valgus Knee Bracing," International Orthopaedics (SICOT), 1999.

[22]Risberg, M. A.; Beynon, B. D.; Peura, G. D.; Uh, B. S., "Proprioception after Anterior Cruciate[23]Miller, E.; Forsblad, M.; Hansson, L.; Wange, P.; Weidenhielm, L., "Bracing versus Nonbracing in Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction:A Randomized Prospective Studywith 2-Year Follow-Up," Knee Surgery Sports Traumatol Arthrosc, 2001.