

Abaqus 於自行車最佳化的應用

The Application of Optimization for a Bicycle by Abaqus

郭江和¹ 林子農¹ 陳奇劭²

1.野寶科技股份有限公司

2.瑞其科技有限公司

摘要

鑒於自行車市場對於車架輕量化需求不斷成長，各相關自行車廠針對輕量化之車架也投入相當之時間及金錢進行開發，但開發過程中為同時顧及輕量化與強度測試，往往藉由過去累積經驗及試誤法不停的修改來符合要求，這之間同時也耗費大量的時間及金錢。為了改善此情況，野寶藉由有限元素分析軟體 Abaqus 配合最佳化軟體之輔助，使其車架能在輕量化及強度測試中找出一平衡點，這中間不僅大幅縮短開發時程也提升野寶市場之競爭力。

關鍵字：Abaqus、最佳化、自行車

ABSTRACT

According to the growing market of the bicycle lightweighting design and development, the more and more bicycle companies have forced on developing the lightweight issues. RDs usually want to keep both stiffness and lightweight structures via their experience and trial and error methods, which isn't efficient. Now APRO improves the process of the lightweight jobs via the powerful Abaqus software. Consequently, the more CAE resources APRO uses, the more competitive APRO becomes.

Keywords: Abaqus、optimization、bicycle

一、緒論

重量與結構強度是自行車的設計重點，輕且安全對於自行車是很大的賣點。由於車架的強度必須通過數種規範的考驗，要調整各區段管件厚度使車架達到既輕且強的目的並不容易，若以試誤法來回於製造與實驗之間必耗費大量成本與時間卻不一定能找到最終答案，使得車架的傳統做法是採用等厚度的多管件焊接組成。Abaqus 有強大的結構分析能力，無論是線性或是非線性分析均能快速地計

算出分析結果，且能搭配使用多種的最佳化分析軟體達到高效率最佳化的目的，若能將 Abaqus 搭配最佳化軟體這樣的流程應用在車架的設計上，則輕量化或者結構強度的提升勢必能有效率的找出解決對策。

二、原始模型分析

2.1 原始模型之建立

由於建模的特殊需求使用 HyperMesh 做為 CAE 前處理工具，能夠

快速且高品質的建模。車架模型中的大部分管件是以殼元素的方式建模，並且設計分割區域，如圖 1，使得之後的最佳化分析能以各區段的厚度當作設計變數。較厚實的區域或與測試治具連接的部分則以實體元素建立，其他驅動零件或者治具則以 Beam 元素建立以簡化模型減少運算消耗。完整的模型如圖 2 所示

2.2 CAE 虛擬實驗

本次研究依據 EN14766 測試規範中的水平力、垂直力以及踏力等三個條件(如圖 3 所示)進行 CAE 虛擬實驗的分析。在最佳化之前各管件及各區段皆設定為同一厚度，邊界條件以及各種分析參數的設定同樣在 Abaqus/CAE 中設定，再以 Abaqus/Standard 求解，以過去的經驗判斷分析結果合理後，再輸出與最佳化軟體協同求解。

2.3 原始模型之分析結果

原始模型進行各規範的分析結果如圖 4~ 6 所示。很顯然的，原始的模型無法通過各種測試規範，應力值大於車架材料的承受能力。

三、車架最佳化分析

3.1 最佳化分析之目標以及限制

在此研究中，最佳化的目的以及限制為：在不改變管件的幾何形狀下，增加最少的材料使得車架能通過規範。此例中定義了不同的應力許可值對應不同的規範，以作為車架是否能通過規範的依據，如圖 7，考量到最佳化分析的效率，需要在一次分析中便可求得上述三個法規入力的影響，故使用 Abaqus 的 Static, Linear

perturbation 分析步來進行計算，由於 Static, Linear perturbation 中每一個 Step 都是互相獨立的，所以可以在不同 Step 中設定不同的法規入力，以此分析為例我們設定了 3 個 Step，每個 Step 的中負載為不同的法規入力，所以在一次求解後便能得到不同法規入力的結果，不須分別求解三次。

3.2 最佳化分析之變數

最佳化分析的變數即是各區段管件的厚度，並且各區段的厚度變數也有不同的上下限，如圖 8。在原始模型中所有管件的厚度皆定義為 0.8 mm，大約為使用上的最低厚度，在執行最佳化時這些參數將交由最佳化軟體去變動並經過運算以及疊代來得到最終結果。

3.3 最佳化之結果

車架重量以及各區段厚度的疊代過程如圖 9 及圖 10。圖 9 之結果顯示，需要增加的重量僅為 200g 就能通過規範。從圖 8 中可觀察到只有六個區域的厚度變化較為明顯，代表了在疊代的過程中已經掌握到最有效率降低測試應力值的厚度參數有哪些，這個寶貴的資訊甚至對於其它種車型也有相當大的參考價值。

從圖 11 之結果顯示，三種規範測試中最大的應力值分別為 198.5 MPa、178.5 MPa 與 259.8 MPa，其等效應力分布分別為圖 12~14，此結果也符合如圖 7 中參數響應之上限，代表了在最佳化求解的過程中以不違背使用者所定義之限制為原則。

四、結論與未來展望

經由 Abaqus 配合最佳化軟體這樣的流程輔助下，大幅縮短過去來回修改厚度

以符合數種法規所耗費的時間，該次車架經最佳化厚重量控制約 1,110g，此重量依舊還有改善之空間，後續將進行管件及鐵件造型研究來達成目標值。未來野寶不僅針對鋁合金車架進行優化及實驗驗證，對於複合材料車架在不同牌疊角度及厚度也一併進行研究以增加我司產品之市場競爭力。

五、圖片

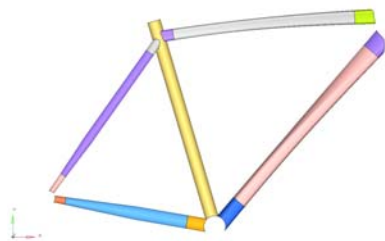


圖 1 車架管件以及分段的狀況

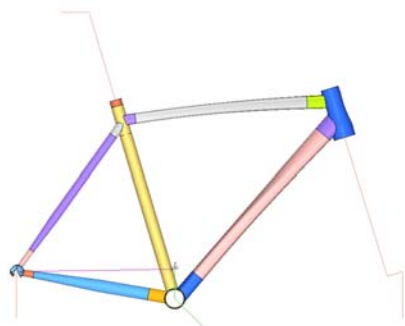


圖 2 完整車架模型以及治具

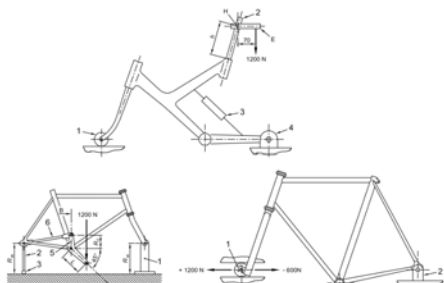


圖 3 EN14766 規範中的垂直力(上)、踏力(左下)及水平力(右下)條件

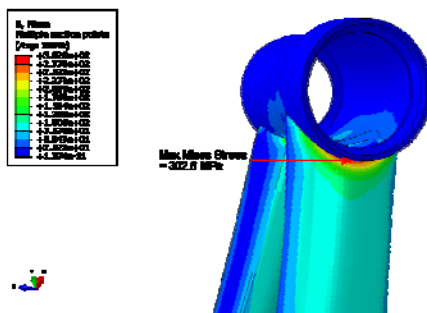


圖 4 初始設計水平力測試規範最大應力以及位置

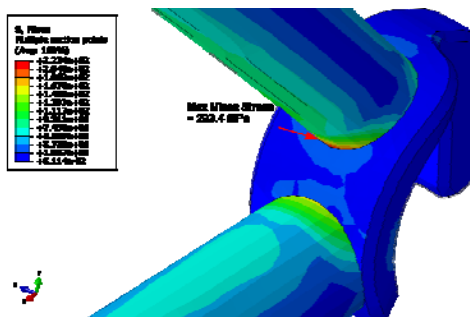


圖 5 初始設計踏力測試規範最大應力以及位置

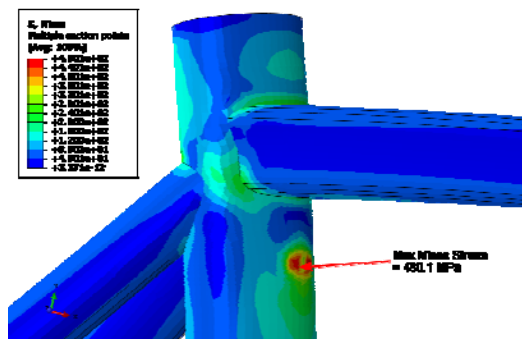


圖 6 初始設計垂直力測試規範最大應力以及位置

Active	Label	Variable	Type	Apply On	Bound Typ.	Bound Value
<input checked="" type="checkbox"/>	Max-Stress-P	r_3	Deformation	Max-Stress-P (r_3)	<=	190.00000
<input checked="" type="checkbox"/>	Max-Stress-H	r_3	Deformation	Max-Stress-H (r_3)	<=	180.00000
<input checked="" type="checkbox"/>	Max-Stress-V	r_4	Deformation	Max-Stress-V (r_4)	<=	260.00000

圖 7 三種規範下的應力許可值

Label	Variable	Lower Bound	Initial	Upper Bound
TT_1U.Thickness.1	dv_1	0.8000000	0.8000000	1.5000000
ST.Thickness.1	dv_2	0.8000000	0.8000000	2.0000000
TT_2U.Thickness.1	dv_3	0.8000000	0.8000000	1.5000000
TT_3U.Thickness.1	dv_4	0.8000000	0.8000000	1.5000000
DT_1U.Thickness.1	dv_5	0.8000000	0.8000000	3.0000000
DT_2U.Thickness.1	dv_6	0.8000000	0.8000000	1.5000000
DT_3U.Thickness.1	dv_7	0.8000000	0.8000000	1.5000000
CS_R1U.Thickness.1	dv_8	0.8000000	0.8000000	1.5000000
CS_R2U.Thickness.1	dv_9	0.8000000	0.8000000	1.5000000
CS_R3U.Thickness.1	dv_10	0.8000000	0.8000000	1.5000000
SS_R1U.Thickness.1	dv_11	0.8000000	0.8000000	1.5000000
SS_R2U.Thickness.1	dv_12	0.8000000	0.8000000	1.5000000
SS_R3U.Thickness.1	dv_13	0.8000000	0.8000000	3.0000000
SS_SUR.Thickness.1	dv_14	0.8000000	0.8000000	2.0000000

圖 8 最佳化分析的變數以及其上下限

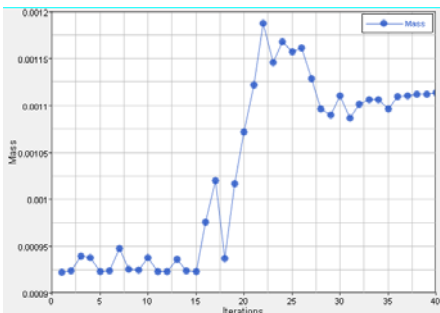


圖 9 車架總重的最佳化疊代

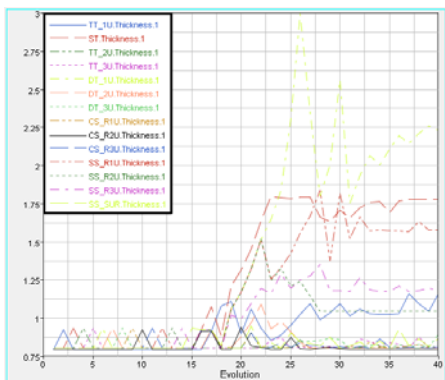


圖 10 各區域厚度的最佳化疊代

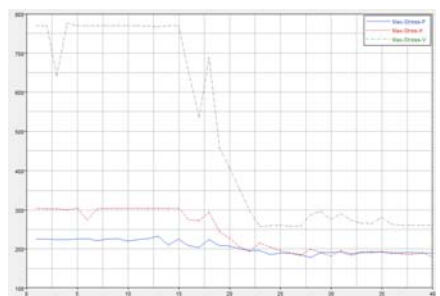


圖 11 各規範之測試中最大應力值的疊代過程

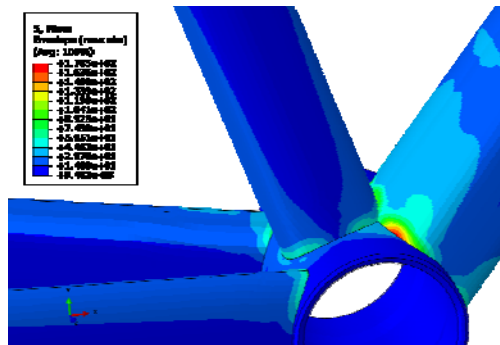


圖 12 最佳化設計水平力測試規範最大應力以及位置

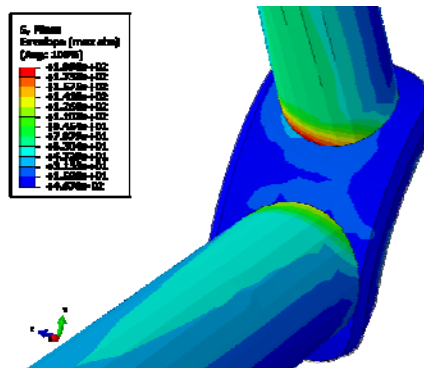


圖 13 最佳化設計踏力測試規範最大應力以及位置

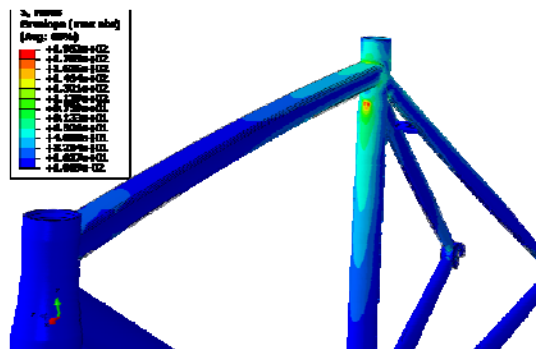


圖 14 最佳化設計垂直力測試規範最大應力以及位置