

## 成功案例：打造超輕型的高性能公路自行車

### 項目介紹

自行車行業的競爭日趨激烈，想從眾多競爭對手中脫穎而出，並非易事。面對歐洲日趨高漲的騎行熱情，自行車行業不斷推出具備多種功能且能夠應對不同地形的產品來滿足市場需求。製造商們正嘗試使用在航空航太領域較為常用的新技術和新材料來製造更快、更輕、更舒適的自行車。

2011 年，Adam Wais 及其好友 Anders Annerstedt（二人現居瑞典）認為當時的自行車行業發展正日漸停滯，缺乏令人真正振奮的產品。在對市場形勢關注若干年後，這對搭檔注意到自行車當前市場與廣泛的超高性能自行車之間尚有差距。根據騎車人需求量身定制的超高性能自行車具有無限發展潛力。兩位自行車運動熱衷者從其他行業領域裡獲得了許多獨樹一幟的設計和經營理念，在此基礎上，成立 Rolo Bikes 公司，致力於打造性能一流的自行車產品。

### 挑戰

在開發新型碳纖維自行車的過程中，Rolo 設計團隊計畫打造一款既具備世界一流的強度和剛度又能實現重量最小化的車架。為此，他們需要利用高效的流程來設計車架，並在虛擬環境裡參照行業的安全和性能標準對車架進行測試。

碳纖維材料由數層碳纖維鋪層構成，將這些碳纖維鋪層層層疊加即可形成所需結構。如何確定車架特定部位所需的碳纖維鋪層層數以及其中纖維的排列方向成為 Rolo 團隊設計工作中的一大難題。為達到剛度最大化和重量最小化的設計目標，Rolo 團隊想要對結構進行優化，並為碳纖維找到一種不使用任何多餘材料的理想佈局。

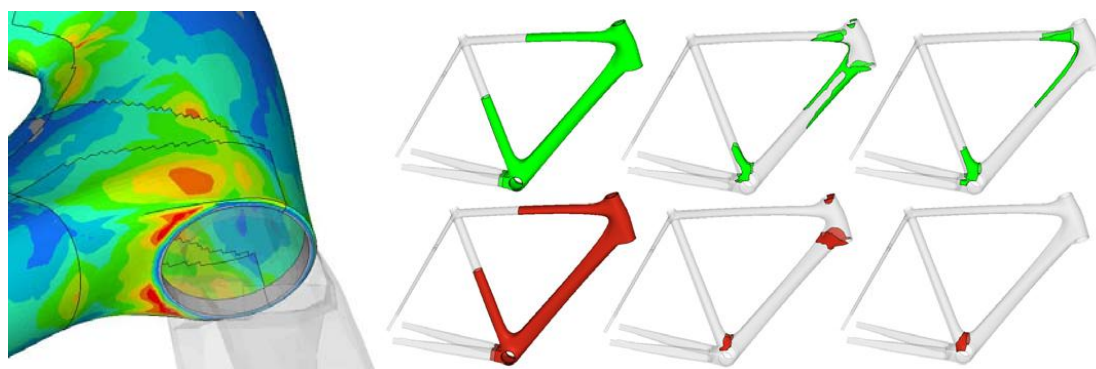
在新車架研發早期階段，Rolo Bikes 團隊曾接觸過 Altair HyperWorks 模擬工具。但當時團隊內部缺少相應的電腦輔助工程 (CAE) 專業經驗，難以對車架進行準確分析和優化。

Altair ProductDesign 團隊比較熟悉 HyperWorks，並且在 CAE 技術應用方面具備豐富的專業經驗，Rolo Bikes 因此希望通過與其合作來優化碳纖維結構。該計畫的目標是通過優化車架使自行車的重量、剛度和舒適度均達到世界領先水準。該團隊的另外一個任務是，開發一套高效和節約成本的測試流程，用以分析 Rolo 及其他合作夥伴公司未來自行車車架的性能。

## 解決方案

### 優化複合材料車架

借助 HyperWorks，Rolo Bikes 設計團隊成功創建了一套可重現歐洲標準化委員會（Comité Européen de Normalisation，CEN）測試和 Zedler 剛度測試的虛擬測試工具。此外，該團隊還在基準車架模型與物理檢測資料之間建立了關聯。該基準模型重 829g，製造難度非常大。在對基準設計的初始虛擬分析中，設計人員發現車架有幾個高應力集中區需要特別關注。在專案優化階段，設計人員力求以一種輕量化方式來處理這些高應力區，同時確保設計的生產可行性。



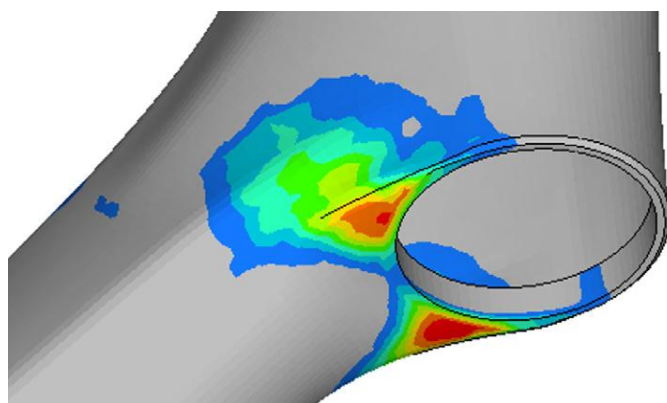
使用 RADIOSS 進行衝擊分析

通過自由尺寸優化來確定碳纖維鋪層的理想形狀

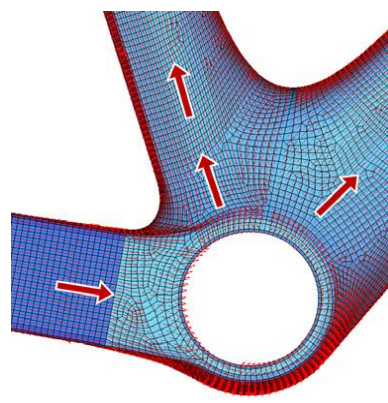
為了對碳纖維車架進行優化，Altair ProductDesign 採用了一種三步式方法，在實施此方法的過程中，每一層複合材料的形狀、厚度、方向和位置都進行了微調，直到獲得一個最佳的解決方案。每個階段都使用了 HyperWorks 結構分析求解器 OptiStruct 來完成。

#### 第 1 步：自由尺寸優化

在第一階段，根據同一纖維方向的材料創建的鋪層，以定義每層複合材料的最佳形狀和位置。



確定碳纖維鋪層的最佳方向



借助尺寸優化確定材料的最佳厚度

## 第 2 步：尺寸優化

在“尺寸優化”階段，確定鋪層（在第 1 步創建）的最佳厚度。

## 第 3 步：鋪層順序優化

在最後的“鋪層順序”階段中，對複合材料層的可能疊加順序進行評估，並針對想要實現的設計特性來建議最理想的順序。

在該過程結束時，再次依照 CEN 和 Zedler 測試要求使用 HyperWorks 對優化後的車架進行分析和驗證，同時評估車架的疲勞性能。以最終得到的複合材料“疊層”為基礎，團隊成員製造出了一種新型部件，這種部件可以使用 Rolo 在歐洲製造中心所採用的精細手工鋪疊建構法製造，而且所有環節均未超出預期成本指標。

## 結論

該專案成功後，Rolo Bikes 擁有一套全面且高度準確的虛擬測試工具，可根據行業標準性能指標對任何自行車車架的性能進行分析。公司的設計團隊在具備此能力後，就可以減少對成本高昂的原型製作及物理測試過程的依賴，大幅縮短未來的開發週期。

該複合材料優化流程成功地將車架重量從 829g 減少到 792g。Rolo 製造團隊又對材料進行了其他方面的改良，進一步降低了車架品質，使最終重量只有 710g。該設計不僅符合所有性能和安全標準，在剛度和耐久性方面的提升幅度更是遠遠超出預期。此外，從最初基準中容易被忽視的製造角度來看，經過優化的設計實際上極具可行性。

放眼未來，隨著設計團隊經過驗證的材料資料不斷積累，Rolo 虛擬測試工具的準確性勢必會逐漸提高。在明顯提升了自己產品的性能之後，Rolo Bikes 如今與 Altair ProductDesign 聯手為自行車行業的其他公司提供諮詢建議，分享成功的項目經驗。