

Abaqus 於大型滑輪之應用

陳峰維 陳奇劭

1. 振鋒企業股份有限公司
2. 瑞其科技有限公司

摘要

滑輪是工業設備中不可或缺的機構零件，現代工業用之滑輪需要更高的結構強度與安全性來應付各種吊掛與組裝作業。滑輪之設計往往需要配合實測以驗證其安全性，但測試之成本隨著滑輪尺寸之發展變得日與俱增，甚至到達難以進行實測的地步。因此，CAE技術之導入變得勢在必行。本文藉由Abaqus進行20與30公吋滑的結構分析，並與實際測試做比較。在多個高應力之點位，其單軸與平面應變規之讀數與Abaqus之分析結果之平均誤差小於10%。

關鍵字：大型滑輪、滑車輪、應變規量測、有限元素法

ABSTRACT

Sheave is one of the most important components of the industrial equipment. Facing all kind of hanging or assembling jobs, it is necessary to improve the strength of sheave for the industrial safety. Designing sheave usually depends on real test to verify the structural strength and safety. Recently, the test becomes harder because the size of sheave is getting bigger and bigger so CAE now is important and necessary technology. In this article, we compare the result of the analysis by Abaqus with the result of real test, which is excluding two different sizes. The error between the strain gages and the analysis by Abaqus at the points with high stress is small then 10%.

Keywords: Sheave, strain gauge test, finite element method,

一、緒論

「滑輪」早在西元前八世紀就被發明，從剛開始沒有機械利益只是單純的變向工具，到西元一世紀已經發展出複式滑輪系統以及「滑輪原理」的學理。在科技發達的現代，滑輪的尺寸與精度都有很大的突破，應用於大型機具的滑輪，其承載能力與安全係數相對較高，在開發產品時面臨測試設備相當昂貴甚至難以製造的問題，也使產品之設計變得無從驗證。而 CAE 技術並無尺寸上的限制，能良好的應用於大型滑輪上。CAE 技術除了能解決測試的問題，對於產品開發的效率以及成本的降低更是其兩大優點。

二、有限元素模型建立

滑輪主體結構分為內環、盤面與溝槽，彼此間以焊接方式作接合，如圖 1。有限元素模型中，如圖 2，繩索以 Beam 元素建立，焊接與內環、盤面共節點並以實體元

素建立，內環與其中之固定治具(建立為剛體環狀表面)為非線性之接觸模式，繩索與溝槽同樣考慮接觸行為，繩索兩端施加負載拉力。此外，模型不使用對稱的型式是考量到還有其他運輸孔擺放角位的分析因此使用全模型。圖 3 為 30 吋滑輪之有限元素模型，其模型建立之方式與 20 吋相同。

三、滑輪拉力測試

滑輪拉力之測試目的是驗證 CAE 分析的準確性，因此在進行拉力測試之前參考 CAE 分析結果中應力較高之區域在盤面多處配置好單軸與平面(多軸)應變規，是為測試的輸出數據。20 吋與 30 吋滑輪應變規的配置如圖 4 與圖 5，滑輪拉力測試圖如圖 6，測試件被軸承治具固定，其對面之致動輪遠離測試件以對繩索產生張力並達到測試之負載值。負載施加之速度為 20mm/min，系統設定如圖 7，待達到測試負載(20 吋為 166kN，30 吋為 499kN)再以相同速度洩載。

經測試之結果應變規之歷時讀數如圖 8。

誤差值只為 4.4%。

四、分析與測試比對

Abaqus 對應應變規配置位置的分析結果如圖 9 與圖 10，經過計算得到最大主應變值、最小主應變值與 Von-mises stress 的結果並測試的應變規讀數(圖 8)呈現如表 1。因金屬的應力通常以 Von-mises stress 為主，故以其作為測試分析比對的主要參數。綜觀各應變規配置點之平均誤差值為 6.67%，唯 30 吋滑輪之第一點位有較高之誤差值，研判是製程公差所致；因運輸繩索穿孔不為滑輪的重要規格，實際產品並非完全正圓，但 CAE 是以正圓的情形進行分析，因此誤差範圍仍算合理。若只比較單軸應變配置的點位，因其受真圓度影響較小，平均

五、結論與未來展望

透過 CAE 技術，能使產品在未開模前就能完成設計、改良以及測試等步驟，此高效率的研發方式是設計團隊不可或缺的技术能量。其中 Abaqus 分析的精準度在本案例中也得到驗證，其平均誤差小於 10%，若修正實品與設計圖面的差距，更能往 5% 以下的誤差邁進。本案例測試的 30 吋滑輪已經快達到測試設備的極限，未來還有 70 吋甚至 80 吋的類似產品，則必須倚賴 CAE 分析以取代高成本的測試方式。往後，我們將以最佳化技術來改良結構以增加滑輪的性能。

六、表格

20 吋滑輪				
應變規位置	主應變(Max)	主應變(Min)	Von-mises stress	誤差(%)
應變點 1	分析:183.3 μm 測試:110.5μm	分析:-594.9 μm 測試:-666.1μm	分析:120.8 Mpa 測試:132.3Mpa	<u>8.72%</u>
應變點 2	分析:270.5 μm 測試:226.5μm	分析:-443.3μm 測試:-439.5μm	分析:99.7Mpa 測試:95.2Mpa	<u>4.69%</u>
應變點 3 (單軸應變)	E11 方向分析: 153.4μm	E11 方向測試: 150.0μm	--	<u>2.00%</u>
30 吋滑輪				
應變規位置	主應變(Max)	主應變(Min)	Von-mises stress	誤差(%)
應變點 1	分析:379.7 μm 測試:225.2μm	分析:-873.9 μm 測試:-1067.7μm	分析:190.0Mpa 測試:213.3Mpa	<u>11.3%</u>
應變點 2	分析:373.5 μm 測試:310.9μm	分析:-731.0μm 測試:-703.5μm	分析:148.5Mpa 測試:158.1Mpa	<u>6.45%</u>
應變點 3 (單軸應變)	E11 方向分析: 192.0μm	E11 方向測試: 205.0μm	--	<u>6.83%</u>

表 1 20 吋與 30 吋滑輪於應變規位置的分析結果

七、圖片

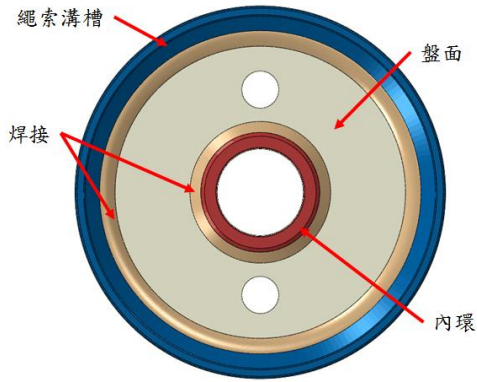


圖 1 20 吋滑輪本體結構

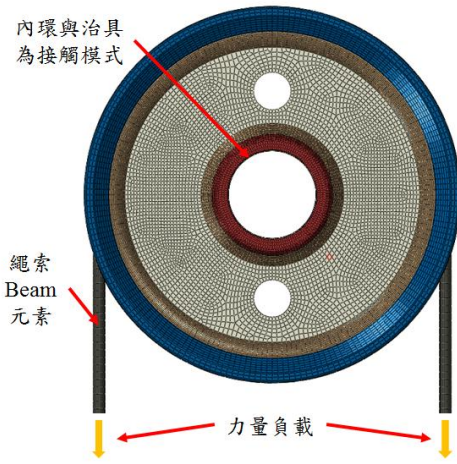


圖 2 20 吋滑輪有限元素模型

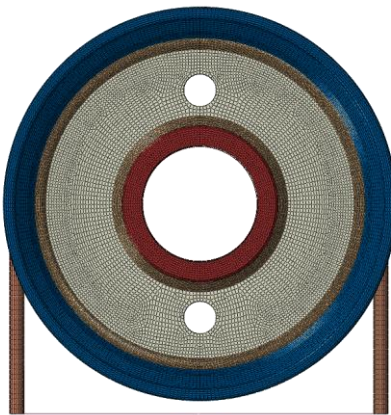


圖 3 30 吋滑輪有限元素模型



圖 4 20 吋滑輪應變規之配置

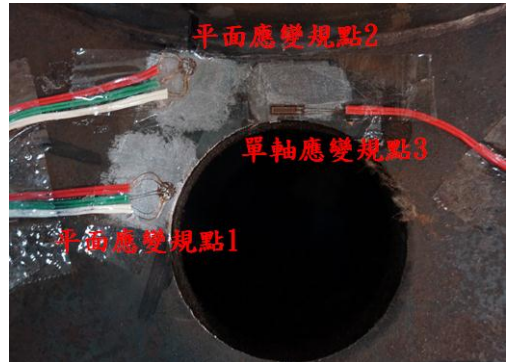


圖 5 30 吋滑輪應變規之配置

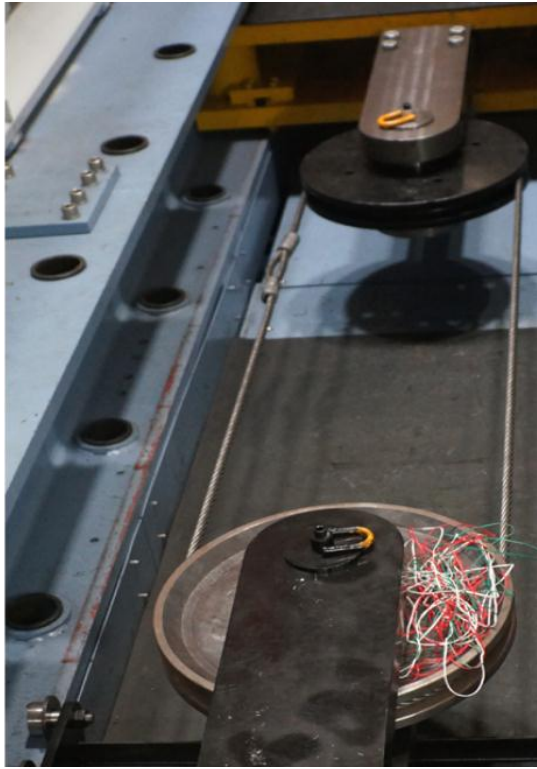


圖 6 滑輪拉力測試

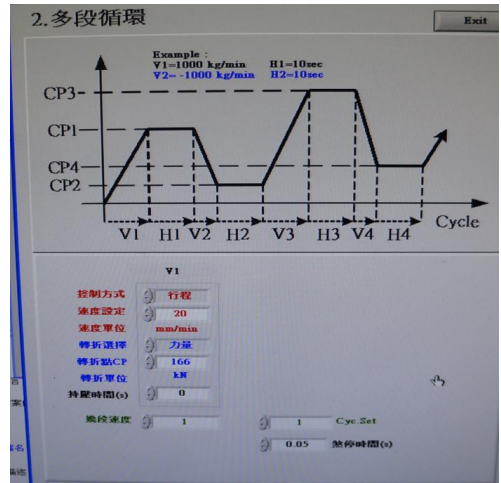


圖 7 滑輪拉力測試之負載輸入

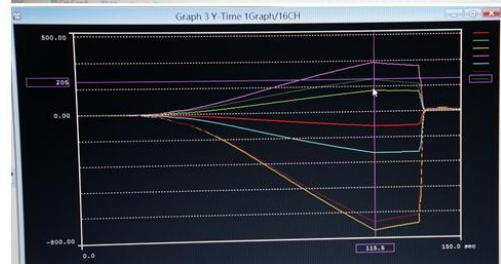
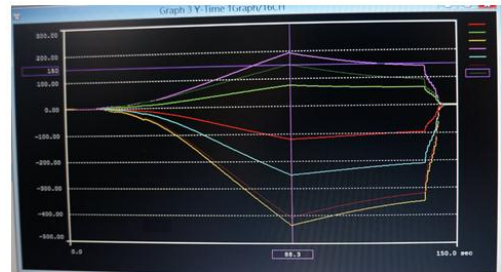


圖 8 應變規於拉力測試之歷時曲線
 20 吋滑輪(上)30 吋滑輪(下)

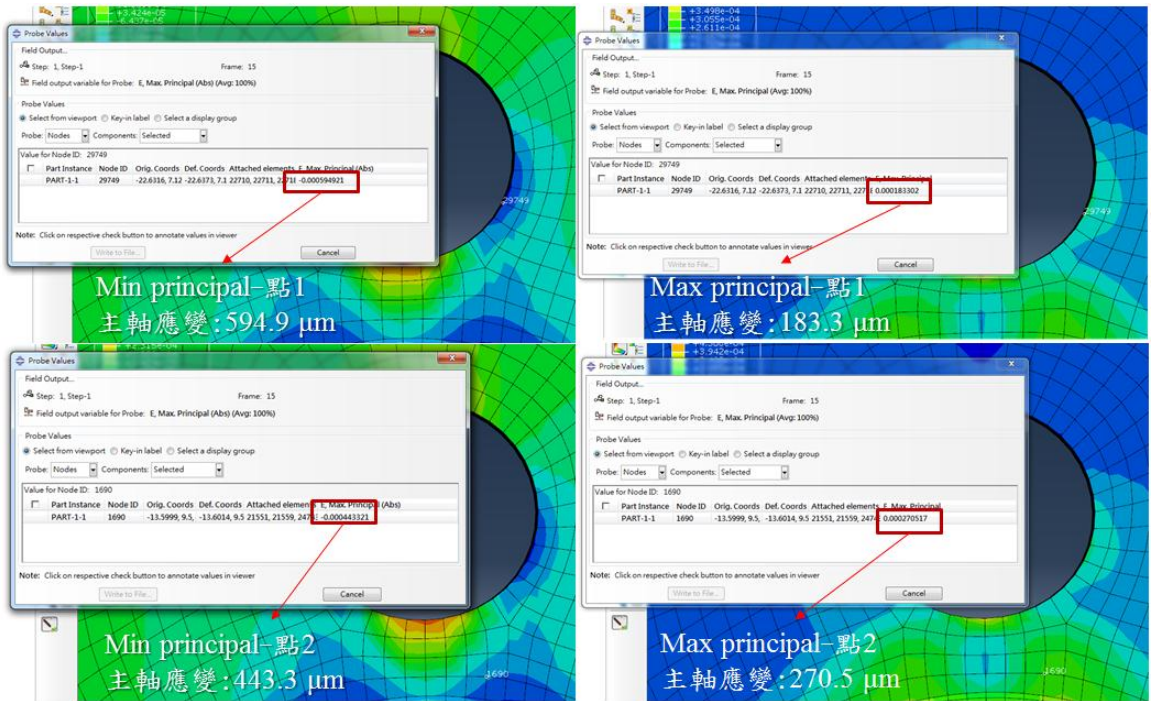


圖 9 20 吋滑輪對應平面應變規位置之分析結果

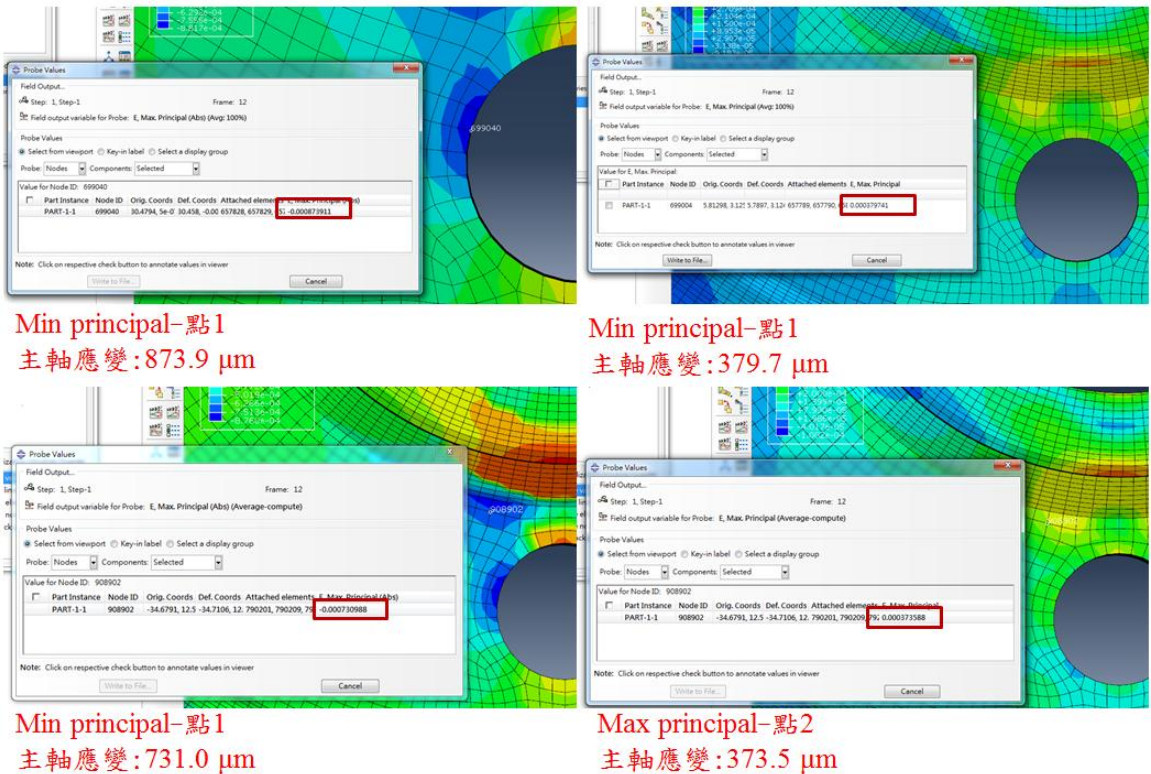


圖 10 30 吋滑輪對應平面應變規位置之分析結果