

應用 ABAQUS 於汽車後視鏡結構設計開發

蔡尚武¹, 李隆鑫²

財團法人車輛研究測試中心¹

記銘工業股份有限公司²

摘要

本論文主要目的為探討汽車後視鏡產品於結構設計階段，即應用 ABAQUS 有限元素分析軟體，針對其鏡面剛性及振動晃動量等特性進行分析結果評估，以確保產品之鏡面晃動特性符合安全設計規範。於原況設計方面，首先進行鏡面剛性與振動 CAE 分析，輸出鏡面晃動量並與測試結果進行比對，以確保分析模型之準確度。爾後，將產品於原況結構強度不足處增加固定彈片設計，以期後視鏡產品之鏡面晃動特性可以符合安全規範。最後再將改善設計後之產品進行測試驗證，並且建立出一套有效之改善設計方法，以利後續進行相關汽車後視鏡結構設計時提供有效之參考依據，同時拓展本產品性能之驗證與改善之能力，發展出符合消費者需求之產品。

關鍵字：後視鏡、有限元素法、振動分析

ABSTRACT

This paper investigated the shaking amount of the rearview mirror to meet the safety specifications by using the finite element analysis in the product design phase. In the application of ABAQUS finite element analysis software, its rigidity and vibration results of mirror shaking amount would be evaluated to ensure that the mirror shake amount of this product met the design specifications. In the original design, results of the mirror shaking amount would be evaluated by using the rigidity and vibration CAE analysis, and compared with the mirror shaking tests to ensure the accuracy of the finite element models. After that, this product would be improved by adding the structures of fixed snap domes in the inner structures with insufficient structural strength to meet the design specifications. Finally, the improved design of this produce would be verified through the stiffness and vibration tests to meet the safety specifications. By implementing these design procedures, the rearview mirror product would be fabricated efficiently to achieve the goal of design specifications and provided the effective design procedures for the related rearview mirror structures. Simultaneously, the ability of verification and improvement of this product would be developed to meet the consumer demands.

Keywords: Rearview mirror, Finite element analysis, Vibration analysis

一、緒論

車輛零組件廠商於製造車用後視鏡產品時，常遭遇到鏡面因晃動量過大，造成車輛行駛時讓駕駛員對於後方狀況誤判之安全性問題。然而，過去廠商往往必須使用試誤法不斷地進行模具修改設計與製造成品測試，才能使產品之鏡面晃動特性符合安全設計目標。然而，在反覆修模與製造測試件的過程中，勢必也增加了模具製造成本與產品開發時程。有鑒於此，本研究擬運用 CAE

分析技術，對於原況設計之鏡面剛性與振動晃動量進行分析評估，並經由反覆計算後提出較佳之改善方案，預期將可降低設計開發時所產生的試誤時間及成本。

本研究主要目的是探討車用後視鏡產品於設計階段時，即運用 ABAQUS 有限元素分析軟體模擬後視鏡產品之鏡面剛性及振動之晃動特性，並配合實際測試結果，以確保產品之鏡面晃動量符合安全設計規範。為降低後視鏡之鏡面晃動量，改善設計

將從針對結構弱點處增加固定彈片設計進行。經由此分析方法，提供相關後視鏡結構之改善設計參考依據，並加速開發時程與克服實驗試誤時所造成之成本耗費。

二、原況設計之後視鏡鏡面晃動量

根據原況後視鏡 3D CAD 設計圖面，建立有限元素分析模型，如圖 1 所示。其元素大小控制於 3mm 左右，並且元素總數量約在 8 萬 8 千個左右。有限元素分析時採用線性 2D 殼元素，其元素品質如圖 2 所示，三角形 2D 殼元素整體數量控制在少於總元素數量的 10% 以內，以確保有限元素分析計算時的準確性。本案分析時所採用單位為 SI(mm) 制。



圖 1 原況有限元素分析模型

元素品質設定 For 95% of element limit value			
	95% elements	5% elements	
Quad element	Warping angle	<+15 deg	<+30 deg
	Aspect ratio	<=5	<=8
	Jacobian	>0.7	>0.5
	Max Angle	<+135 deg	<+140 deg
	Min Angle	>=45	>=35
Tria element	Aspect ratio	<=5	<=8
	Max angle	<+100 deg	<+120 deg
	Min angle	>+20 deg	>+10 deg
% Tria(489) = 10% Total element number (88135)			

圖 2 原況有限元素品質設定

2.1 原況後視鏡鏡面剛性及振動分析

在後視鏡之鏡面剛性 CAE 分析方面，將針對後視鏡之四個螺栓鎖固於治具上，並於鏡面中心軸之橫向邊緣處施加 4.9N 之作用力，如圖 3 所示。原況後視鏡剛性 CAE 分析結果如圖 4 所示。由圖 4 中可知，鏡面最大晃動量為 0.29°，其分析數值符合剛性規範晃動量小於 0.5° 以內之設計目標。

在後視鏡之鏡面振動 CAE 分析方面，將針對後視鏡之四個螺栓鎖固於振動機台上，並以試驗頻率 10-120Hz 施加 Y 方向之 0.3G 加速度進行振動分析，如圖 5 所示。原況後視鏡振動 CAE 分析結果如圖 6 所

示。由圖 6 中可知，鏡面最大晃動量為 0.22°，發生位置於 43.21Hz，其分析數值未能符合安全規範目標，後續會再針對此模型進行改善設計分析，並與測試結果比對，以確認分析結果之準確性。

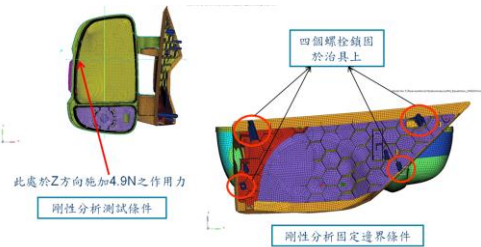


圖 3 鏡面剛性 CAE 分析之邊界條件設定

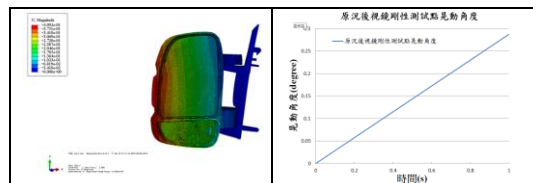


圖 4 原況鏡面剛性晃動量 CAE 分析結果

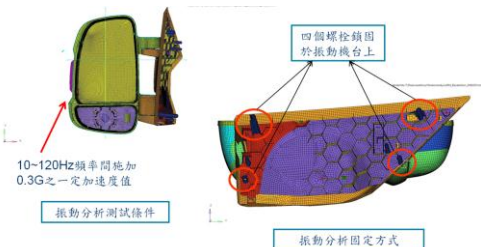


圖 5 鏡面振動 CAE 分析之邊界條件設定

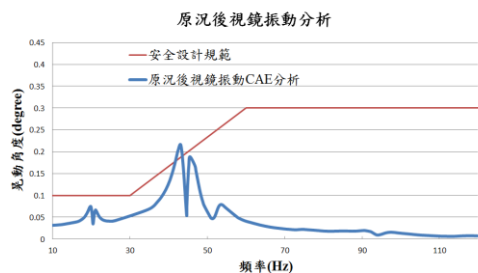


圖 6 原況鏡面振動晃動量 CAE 分析結果

2.2 原況後視鏡鏡面剛性及振動測試

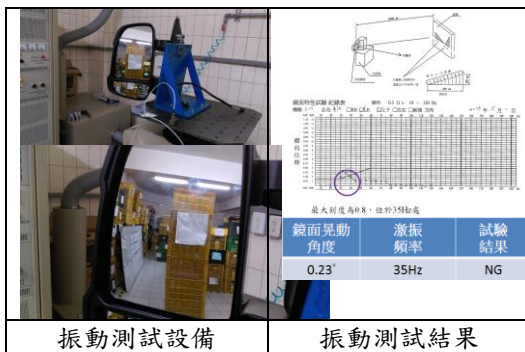
原況後視鏡鏡面剛性測試部份，將後視鏡後方四個螺栓鎖固於治具上，並使用推力計與位移計，記錄施力點(軸心橫向邊緣處)之原點到施力 0.5kg 時之位移量，其測試結果如圖 7 所示。由圖 7 中可知，測試結果

鏡面最大晃動量為 0.30° ，分析與測試比對誤差為 3.33%。

原況後視鏡鏡面振動測試部份，將後視鏡後方四個螺栓鎖固於振動機台上，並以試驗頻率 10-120Hz 施加 Y 方向 0.3G 之加速度進行激振，並且使用楔形計之刻度記錄各激振頻率域底下之鏡面晃動前後投影量 (1 刻度相當於 20mm 之位移量)，其振動測試結果如圖 8 所示。由圖 8 中可知，測試結果鏡面最大晃動量為 0.23° ，分析與測試比對誤差為 4.35%。



推力計 位移計及測試報告
圖 7 鏡面剛性晃動量測試結果



振動測試設備 振動測試結果
圖 8 鏡面振動晃動量測試結果

三、改善設計之後視鏡鏡面晃動量

經由原況後視鏡結構之鏡面晃動量分析與測試驗證後，其於剛性試驗項目符合安全規範之目標，但是其於振動試驗項目仍未達設計目標。因此，改善設計將朝向於其內

部結構增加兩個固定彈片設計來進行，並且彈片材質選用強度較高之不銹鋼材料 (SUS301)，如圖 9 所示。



圖 9 後視鏡結構之改善設計方式

3.1 改善設計之鏡面剛性及振動分析

改善設計之後視鏡剛性 CAE 分析結果如圖 10 所示。由圖 10 中可知，鏡面最大晃動量為 0.19° ，其分析數值已經符合剛性規範晃動量小於 0.5° 以內之設計目標，改善程度約為 34.48%。

改善設計之後視鏡振動 CAE 分析結果如圖 11 所示。由圖 11 中可知，鏡面最大晃動量為 0.19° ，發生頻率於 46.22Hz，其結果已經符合安全規範之目標，改善程度約為 13.64%。後續分析會再與測試結果比對，以驗證分析結果之準確性。

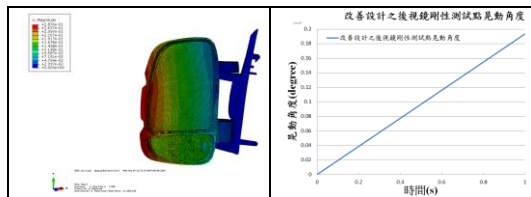


圖 10 改善設計之鏡面剛性 CAE 分析結果

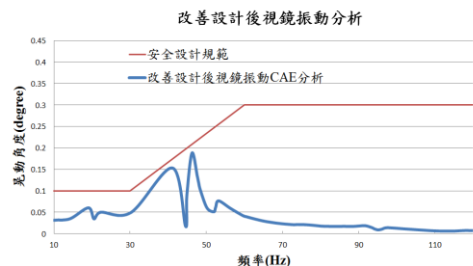


圖 11 改善設計之鏡面振動 CAE 分析結果

3.2 改善設計之鏡面剛性及振動測試

改善設計之後視鏡鏡面剛性測試結果如圖 12 所示。由圖 12 中可知，測試結果鏡面最大位移量為 0.17° ，分析與測試比對誤差為 11.76%，改善程度約為 43.33%，並且符合安全規範之目標。

改善設計之後視鏡鏡面振動測試結果如圖 13 所示。由圖 13 中可知，測試結果鏡面最大晃動量為 0.188° ，分析與測試比對誤差為 1.06%，改善程度約為 18.26%，並且符合安全規範之目標。



圖 12 改善設計之鏡面剛性測試結果

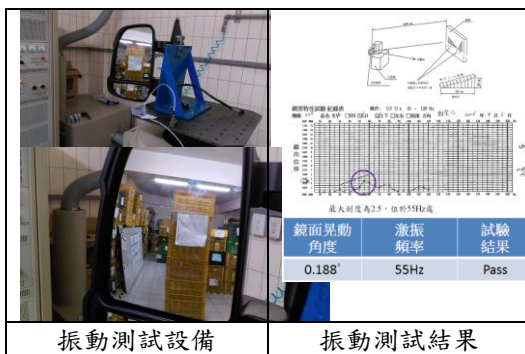


圖 13 改善設計之鏡面振動測試結果

四、結論與未來展望

經由完成原況與改善設計之後視鏡鏡面有限元素剛性及振動晃動量分析與測試，結論如下所述：

- 原況後視鏡鏡面剛性晃動量已經符

合安全規範。

- 原況後視鏡鏡面振動晃動量為 0.22° ，發生位置於 43.21Hz，其分析數值未能符合安全規範。同時測試結果鏡面最大晃動量為 0.23° ，分析與測試比對誤差為 4.35%。
- 改善設計將朝向於其內部結構增加兩個固定彈片設計來進行，並且彈片材質選用強度較高之不銹鋼材料 (SUS301)。
- 改善設計之後視鏡剛性 CAE 分析結果，鏡面最大晃動量為 0.19° ，分析數值符合安全規範。同時經由剛性測試比對後，其測試結果鏡面最大晃動量為 0.17° ，分析與測試比對誤差為 11.76%，改善程度約為 43.33%。
- 改善設計之後視鏡振動 CAE 分析結果，鏡面最大晃動量為 0.19° ，分析數值符合安全規範。同時經由振動測試比對後，其測試結果鏡面最大晃動量為 0.188° ，分析與測試比對誤差為 1.06%，改善程度約為 18.26%。

經由 ABAQUS 有限元素分析技術之導入，本研究將可提供相關汽車後視鏡產品於設計初期，即以 CAE 分析技術進行含有缺陷之產品進行改善，以提升產品品質，並提供相關改善經驗，以利未來應用於新設計後視鏡產品之開發時，將可降低試誤時間及成本，並加速開發時程與克服實驗試誤時所造成之成本耗費。

五、參考文獻

- [1] A. Larchez, "Adaptive Predictive Vibration Control in Vehicular Rear View Mirrors," PhD Thesis, University of Wollongong.
- [2] C. F. Hou, "The Design and Control of an Adaptive Rear-view Mirror System for Motorcycles," Master's Thesis, National Taipei University of Technology.