

Abaqus 在聽診器設計上的應用

施並昌, 張奕文

廣達電腦股份有限公司 產品設計中心

摘要

本文使用 abaqus 的 Steady-state dynamics, Direct 之穩態動力分析法以評估不同樣式聽診頭之聲音傳遞效率, 找出影響其聲音傳遞性以及音量放大之主要因素, 做為日後聽診頭設計之參考。

關鍵字：聲固耦合，聽診器模擬

一、緒論

理論上聽診器應該包括聽診頭, 橡膠管, 金屬管及彈簧片等組成, 其中聽診頭主要是一個類似鼓一樣的膜腔, 體內聲波鼓動膜腔後, 聽診器內的密閉氣體隨之震動, 而隨後由于腔道漸漸細窄, 氣體震動幅度就比前端大很多, 由此放大了患者體內的聲波震動; 而本次分析的產品為電子式聽診頭, 目的是將體內的聲音訊號經由接收器傳至雲端給醫生判讀, 因此主要是探討聽診頭的設計對其傳遞效率的影響, 省卻了橡膠管等分析; 而有關聲音的基本物理量主要包含聲壓與聲壓級, 其中聲壓表示測試前後聲音壓力強度的改變量, 其單位為 Pa, 而聲壓(P_e)與基準聲壓(P_r)的 20 倍對數比為聲壓級(L_p), 其關係式如下, 單位為分貝(db)

$$L_p = 20 \lg \frac{P_e}{P_r}$$

二、Steady-state dynamics, Direct 穩態動力分析

一般聽診器的適用頻率範圍約介於 10~2000Hz, 其中心跳音的反應譜更是主要集中在 200Hz 以內, 因此以下分析將採直接穩態動力分析以求得不同聽診頭設計在不同頻率下的聲音反應

三、模型建立與分析

3.1. 有限元素模型

以下模型主要分為腔體(Drum)、鼓面(Diaphragm)以及內外部的空氣, 其中腔體部分材料為鋁, 元素為 C3D10M, 鼓面就假設為一般mylar的塑膠材料, 元素為 SC8R, 空氣的材料性質主要是設定體積模數, 此和聲速計算有關, 元素為 AC3D10, 而包覆在空氣外側可再設定 2D 的 ACIN3D10 元素, 表示外部空氣為無限邊界

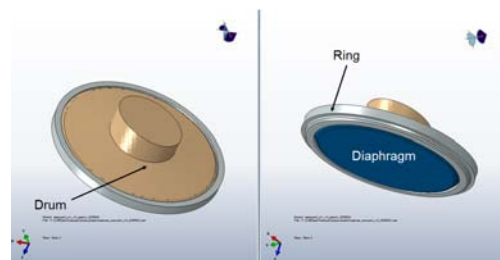


圖 1. 聽診頭主要部件

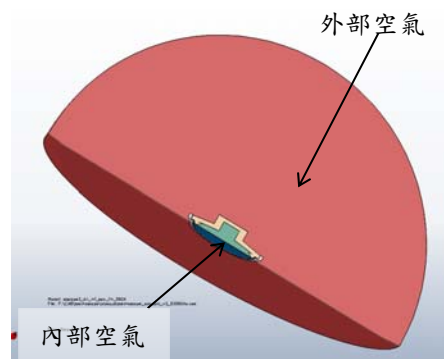
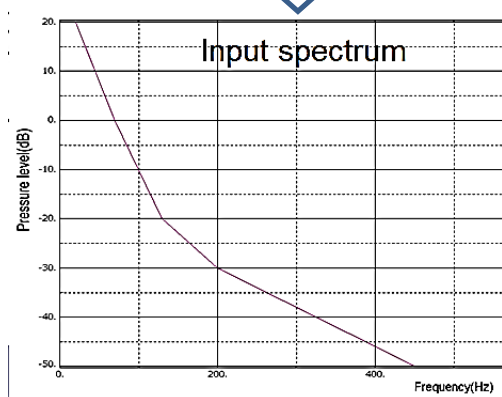
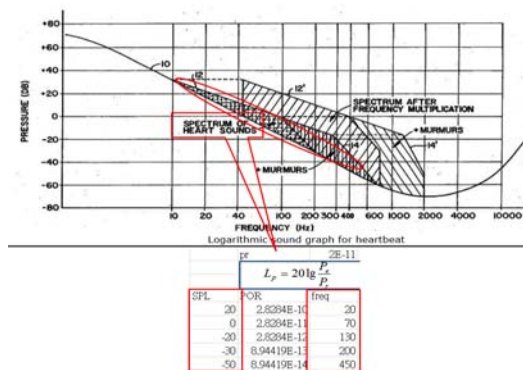


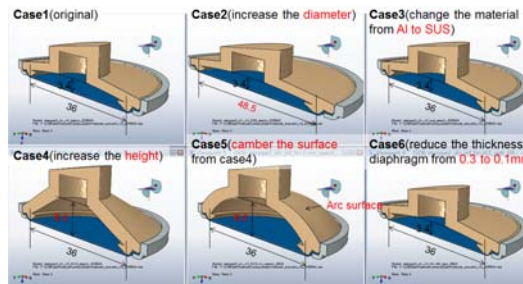
圖 2. 模型剖面圖

3.2. 分析條件設定

- (1) 設定掃頻範圍 10~1000Hz
- (2) 設定心跳頻譜作為輸入，由鼓面傳入

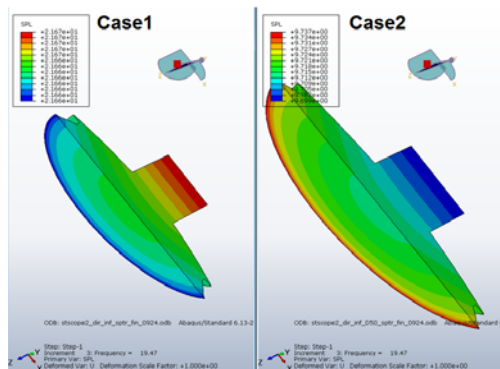


- (3) 分析例探討，這裡依照聽診頭直徑、材料、深度與鼓面厚度之不同，共分成以下 6 個 case 作分析

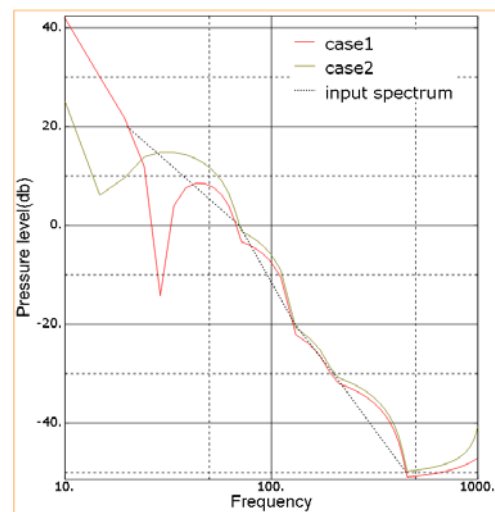


3.4. 分析結果

- (1) case1~2 結果比較

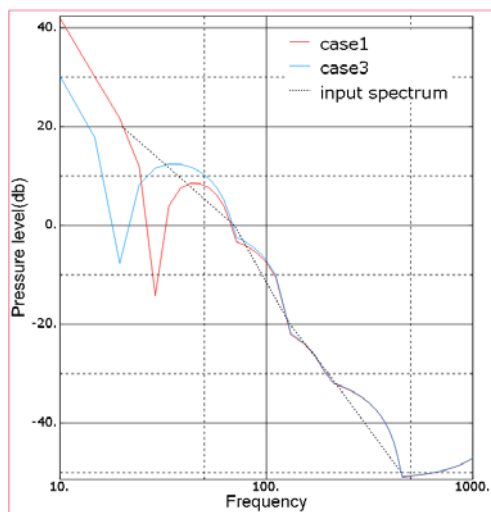


上圖是在某一頻率下的聲壓級分布圖



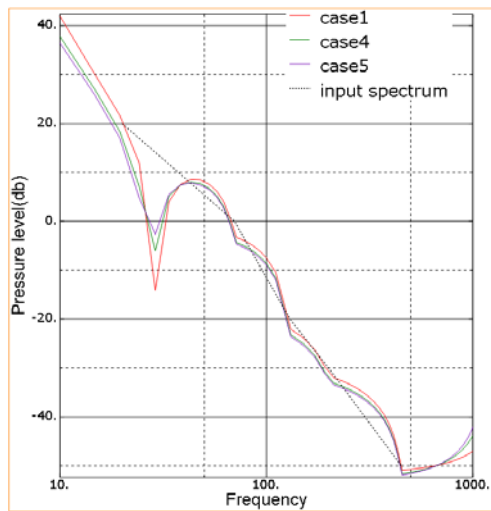
由上圖 case1~2 之結果反應譜，發現直徑愈大其聲音傳遞與放大效果愈佳

(2) case1, 3 結果比較



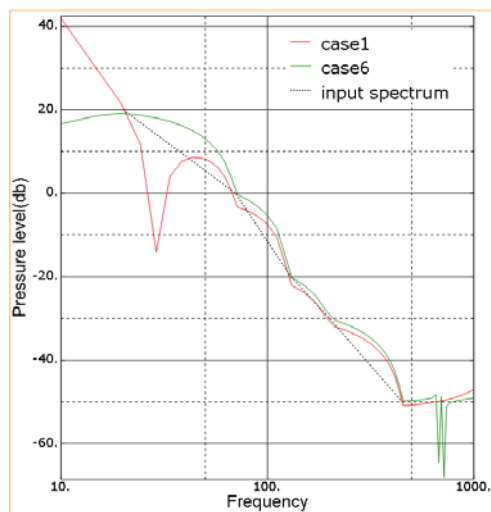
由上圖 case1~3 之結果比較發現在 10~100 Hz 時，SUS 材料的聽診頭表現較佳，但 100 ~1000Hz 時則無明顯差別

(3) case1, 4, 5 結果比較



就上圖整體看起來，反而 case1 的結果比 case4~5 的分析結果稍佳，也就是說聽診頭內部空間加高其實對聲音傳遞與放大沒甚麼幫助

(4) case1, 6 結果比較



由上圖 case1,6 之結果比較發現鼓面愈薄其聲音傳遞與放大效果愈佳，因此總結來說聽診頭直徑愈大與鼓面愈薄對於聽診頭之聲音傳遞與放大效果愈好

四、結論與未來展望

Abaqus 雖然主要以固體力學之結構分析為主，但近幾年也逐漸發展聲固耦合等偏流體計算的功能，除了本篇報告介紹的聽診頭設計評估以外，也支援較複雜的爆炸或衝擊等瞬態非線性問題，可說是漸漸整合所有類型的 CAE 計算。但若要做最佳化分析，則還是有其不方便之處，例如本篇探討的聽診頭問題，若修改厚度或直徑等參數，則必須腔體與空氣都要重新 mesh，一天下來做不到幾個 case，倘若他日最佳化功能成熟之後，或許這類題型的評估時間便能加快不少，更可有效率運用在相關產業上。