



輪胎噪音大剖析~

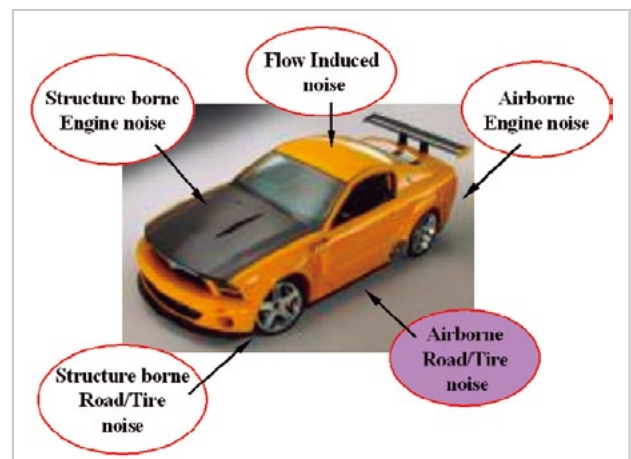
胎紋噪音量測介紹及分析

財團法人車輛研究測試中心 黃敏祥 / 建大工業股份有限公司 涂錦鎮

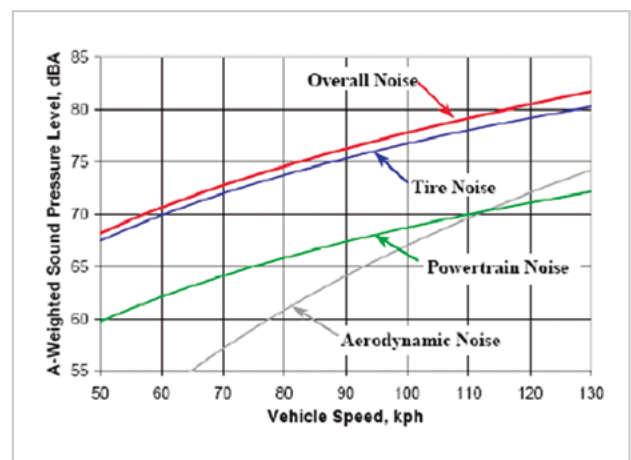
一、前言

根據德國一項研究發現，市中心白天的交通噪音平均可達將近81分貝，晚上則達72分貝，同時更預估未來還將再增加5分貝，可見交通噪音對人類生活的影響日趨嚴重。因此，各國政府對車輛噪音的法規要求愈來愈嚴苛，各大車廠為求通過法規測試，也開始對於車輛的主要噪音來源(如圖1)加以改進，設法大幅降低車輛本身所引起之噪音。經過多年的努力，特別是在引擎和排氣噪音方面已有了大幅度的改善，而從法國國家交通運輸和運輸安全研究院(INRETS) Joël Lelong[1]的研究結果，顯示車輛以3檔、60 km/h 以上定速行駛時，輪胎/路面噪音在高速行駛時比引擎等機械噪音更高，因而成為車輛噪音的主要來源(如圖2)[2]。

有鑑於此，本文特別針對產生交通噪音的起源“輪胎”進行深入分析，探討胎紋噪音產生的機制與量測方法，並提供相關對應方式，期望未來能降低都市交通噪音的污染。



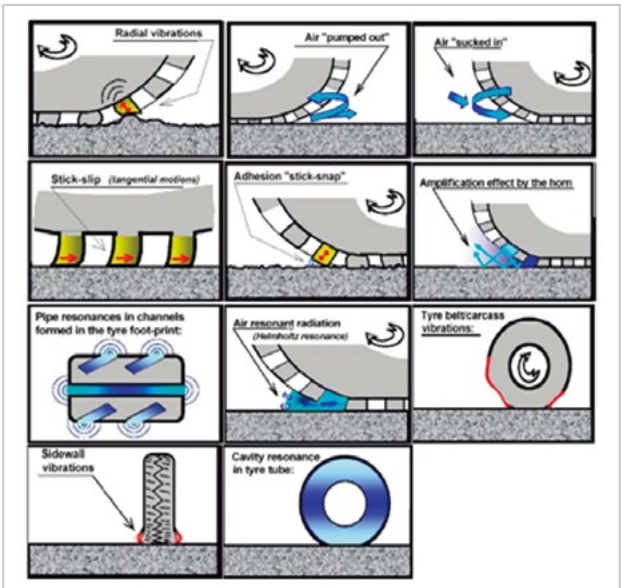
▲ 圖1、車輛主要噪音源



▲ 圖2、交通噪音源的貢獻度

二、輪胎噪音產生機制

輪胎噪音產生的主要原因有輪胎與地面接觸時所產生之空氣擠壓與釋放的聲音(Air borne)，如氣泵(Air pumping)、喇叭口效應(Horn effect)、氣柱共鳴效應(Pipe resonance)；另外為胎塊脫離地面時之振動所產生之胎體振動(structure borne)，胎塊與接地面黏滯/滑移(Adhesion stick-snap)、胎塊本身徑向或軸向振動；最後為胎腔共鳴音(cavity resonance)等(如圖3)[3]。不同的機制會產生不同的聲音，且各機制的發生頻率範圍有些重疊，讓人難以辨識及對策。因此，輪胎噪音是一個非常具挑戰性的問題。



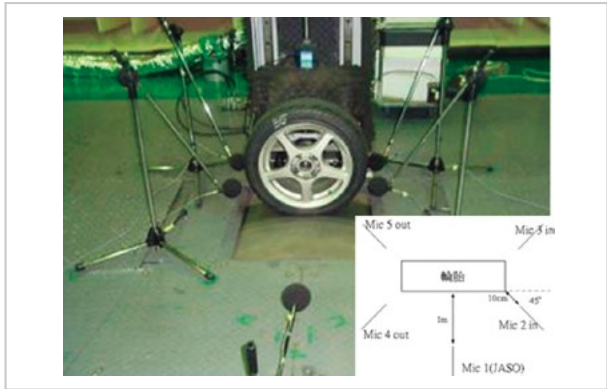
▲ 圖3、輪胎噪音產生機制

三、輪胎噪音量測技術介紹

(一) 儀器架設

目前量測方式主要有輪胎單體試驗及整車輪胎滑行噪音測試(coast by)等兩種方法，用來評估輪胎

胎紋輻射聲場的分布情形，了解輪胎噪音產生機制及其發生頻率位置，有效掌握及改善其噪音值。為有效排除輪胎裝置於車輛上之各種不確定因素，一般在進行輪胎胎紋開發時，常以輪胎試驗機配合單體輪胎在半無響室內進行，並參考JASO C-606室內輪胎單體噪音量測試驗法的架設位置。另外，為評估輪胎拍打聲，在接地與離地左右兩側位置各架設一支麥克風(Mic)，相關架設位置如圖4所示。量測六種同尺寸不同胎紋的輪胎(如圖5)，輪胎施加額定荷重，量測各種速度下，Mic1、Mic2(接地)及Mic3(離地)等3處噪音頻譜。評估胎紋溝隙與路面間空氣進出、壓縮、釋放等作用產生之聲音，並分析其發生頻率位置，找出胎紋最佳設計方式，降低滾動噪音產生。



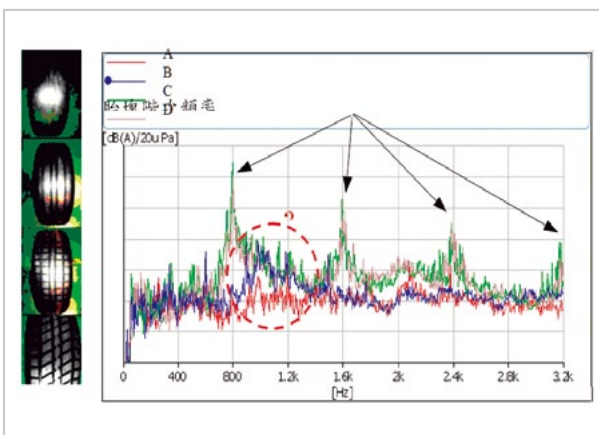
▲ 圖4、輪胎胎體噪音量測架設



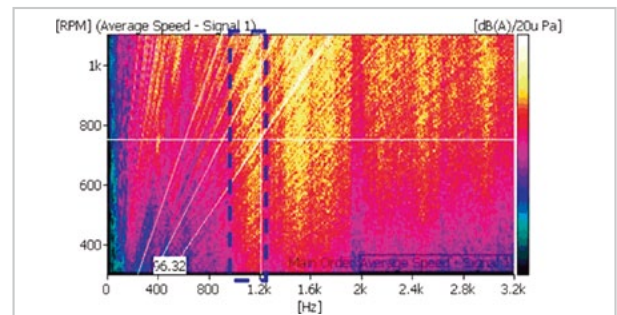
▲ 圖5、單體測試輪胎形式

(二) 量測分析

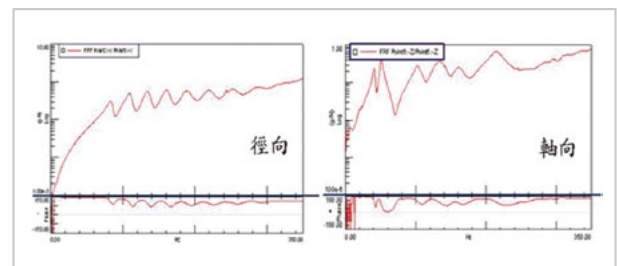
首先評估A、B、C、D四組輪胎，其中發現當有胎塊時，不管是在Mic1或是Mic2、3的量測位置，其主要峰值為胎塊的階次頻率，而A、B輪胎因無胎塊，所以無此現象產生，如圖6所示。另外，在 1 kHz ~ 1.2 kHz 頻率位置上，整體噪音值有高起之現象，且加速測試(20~120 km/h)，亦發現此處有一明顯共振現象產生(圖7)，推估為胎體結構特性或胎塊振動所引起。為進一步確認，將針對輪胎結構模態及胎塊振動進行分析探討。如圖8所示，輪胎模態測試結果，主要模態頻率皆集中於300Hz以前，因此判斷與胎體結構振動無關；至於胎塊振動量測部分，則分別針對徑向及切線方向進行激振量測(如圖9)，結果發現徑向響應與切線方向響應皆在1 kHz~1.2 kHz有峰值存在(如圖10)，與輪胎離地瞬間壓力釋放，胎塊振動方向一致，因此，可推論此範圍共振為胎塊振動所引起，但是否還有其他因素影響，則需再進一步研究探討。



▲ 圖6、A、B、C、D 輪胎Mic1量測結果



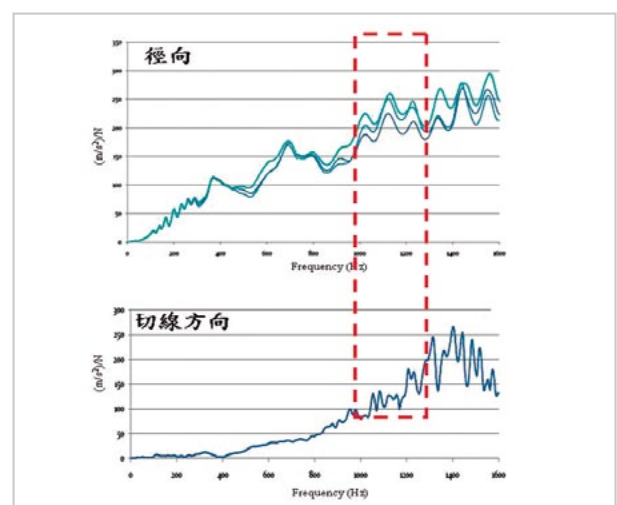
▲ 圖7、加速測試分析結果



▲ 圖8、輪胎結構模態量測結果

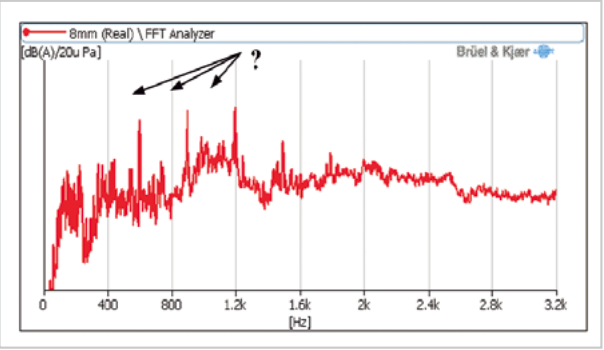


▲ 圖9、胎塊自然頻率量測點

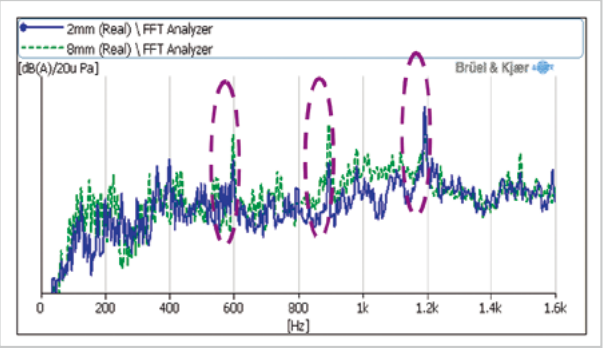


▲ 圖10、胎塊振動量測結果

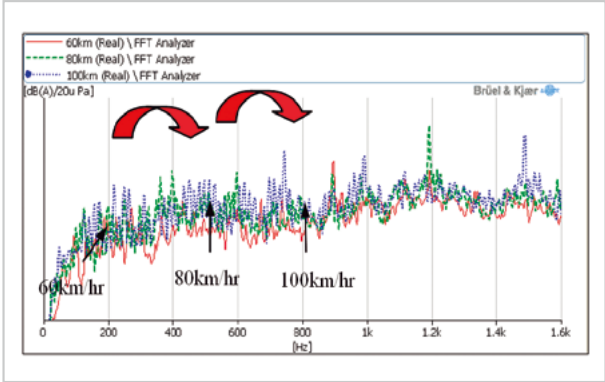
以Mic2及Mic3的量測頻譜觀之，除上述現象依然明顯外，B輪胎會在600 Hz、900 Hz及1,200 Hz上有Peak產生，如圖11，因A、C、D等輪胎無此現象，初步懷疑為輪胎溝槽的氣柱現象，為確認此一現象，特地進行不同溝深(2 mm、4 mm、6 mm及8mm)的單體噪音測試，測試結果如圖12，發現改變溝槽深淺，在600 Hz及900 Hz的峰值有降低趨勢，但在1,200 Hz並未降低，主因是耦合到結構共振帶(如圖7)。觀測其車速變化結果，發現所探討峰值發生頻率會隨車速變化而上升，如圖13，與當初所懷疑之氣柱噪音現象(不管車速的變化，理論上頻率發生位置應一樣)明顯不同，況且1/2波長計算氣柱頻率，應為1,700 Hz左右，亦與所探討之頻率相異甚大，因此可確認此一現象並非氣柱現象所引起。



▲ 圖11、B輪胎Mic2噪音量測結果

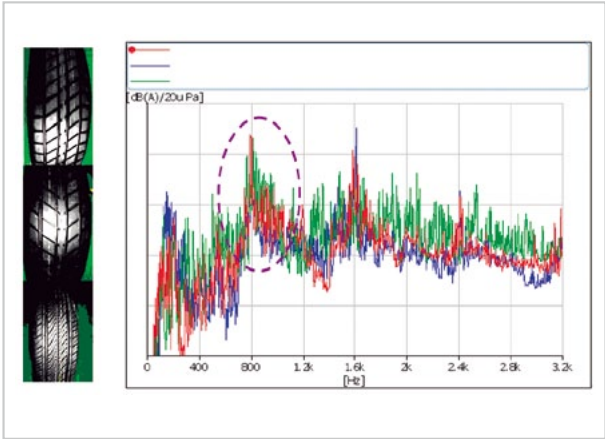


▲ 圖12、不同溝深量測結果(Mic2)



▲ 圖13、同一溝深不同車速下之量測結果(Mic2)

比較D、E、F三款輪胎，發現胎紋愈複雜者，Mic1所量測到之階次頻率愈不明顯，其能量被均分於其他頻率上；但接地(Mic2)或離地(Mic4)處之量測位置上，仍可清楚看到階次頻率(如圖14)，因此，推估為聲音輻射方向性的差異導致。



▲ 圖14、D、E、F輪胎Mic2量測結果

四、結論

綜合上述的量測方法與結果分析，已可對於胎塊的階次頻率、胎體振動及胎塊離地瞬間，因接地壓力突然釋放造成胎塊抖動所產生之聲音，有初步



評估方式及影響頻率範圍的了解。至於管路的氣柱現象，由於理論計算頻率為1,700 Hz左右，在圖中並非主要的噪音峰值，本案例可暫不考慮。因此目前量測結果，已可呈現溝槽深淺對噪音的影響及與車速的關連性，而這些數據亦有助於後續胎紋噪音的量測改善。

最後，對於其它影響輪胎噪音的機制，如氣柱效應/接地面黏滯與滑動效應/腔體共振等項目，因尚無法準確釐清主要影響頻率，且噪音機制的評估方式亦需再多方構思，是為後續胎紋噪音研究再繼續努力的方向。

五、參考文獻

期刊論文：

- [1] J. Lelong, “Vehicle noise emission: evaluation of the tyre/road- and the motor- noise contributions”, Internoise 99 proceedings, 1999.
- [2] Malcolm J. Crocker, Handbook of Noise and Vibration control, Wiley, 2007.
- [3] Sandberg, Ulf, and Jerzy A. Ejsmont., Tyre/Road Noise Reference Book, Informex, Kisa, Sweden, 2002.