

設計處 EP10 成果分享

建立振動模態量測方法與程序

設計處

船舶於完工動態測試或營運保固期間時常發生結構或裝備振動問題。為了確認問題發生之原因，在結構物簡單或複雜情況下，以往會利用 FEM 分析或理論計算方式進行自然頻率確認，然而 FEM 分析或理論計算方法通常為數值預測或評估，如果結構或裝備之間有任何外在增加重量或支撐結構，該目標物自然頻率將隨之增加或減少。因此透過分析計算方法，可以大致獲得結構或裝備自然頻率，然而振動問題發生於有限的分析參數、結構過於複雜或邊界無法有效設定，將造成建模與分析耗時，且無法精準獲得自然頻率，可能造成改善翻工問題。

設計處因應結構局部振動診斷建立振動模態測方法 Frequency Response Function (FRF)，其主要以加速規安裝於結構或裝備本體上，並且以衝擊槌敲擊待測物進而產生振動，再由加速規量測結構振動，兩者訊號於頻譜分析儀進行分析，快速獲得該結構本體或裝備的自然頻率。透過振動模態測方法，可實際應用於建造或營運保固中船舶之結構與設備發生振動問題進行診斷工作。以量測方式精準獲得結構物或裝備之自然頻率，並且輔助分析比對改善前後之成效，順利完成振動改善任務，同時也可節省委託外包診斷支出，並且有額外收入可能性，符合 EP-10 之精神。

振動模態量測流程與方法步驟介紹如下述：

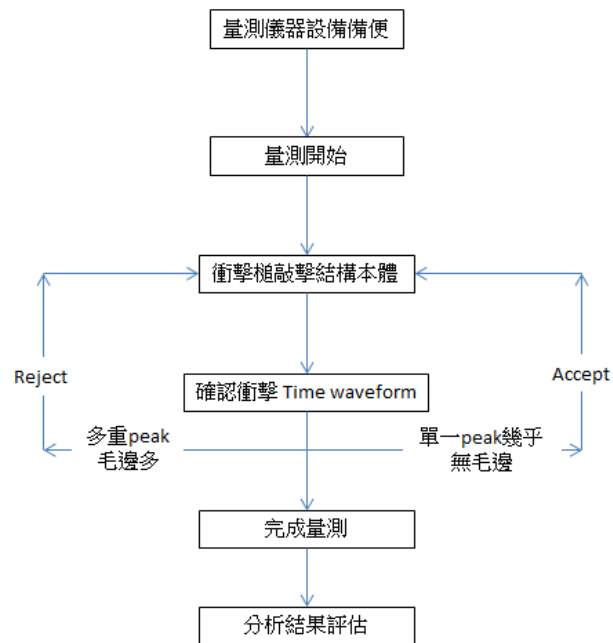


圖. FRF 量測分析流程圖

一、量測儀器清單

依照量測需求準備因應的量測設備，若量測位置距離較遠，可以採用佈線方式進行量測，在此說明一般所具備的量測設備清單：

- (1) Bestone Elite 可攜式頻譜分析儀
- (2) 三軸向加速規
- (3) 訊號線
- (4) 衝擊槌
- (5) 工具箱
- (6) 量測記錄本



圖. FRF 量測設備

二、量測方法與程序

啟動 FRF 量測，量測介面則顯示等待衝擊槌觸發訊號以及加速規感測器狀態。

使用衝擊槌敲擊結構本體或設備底座，衝擊槌及加速規透過頻譜分析儀擷取到的訊號進行資料分析，並且將該筆時域訊號結果顯示於量測介面上，提供量測人員進行訊號品質判斷是否儲存。

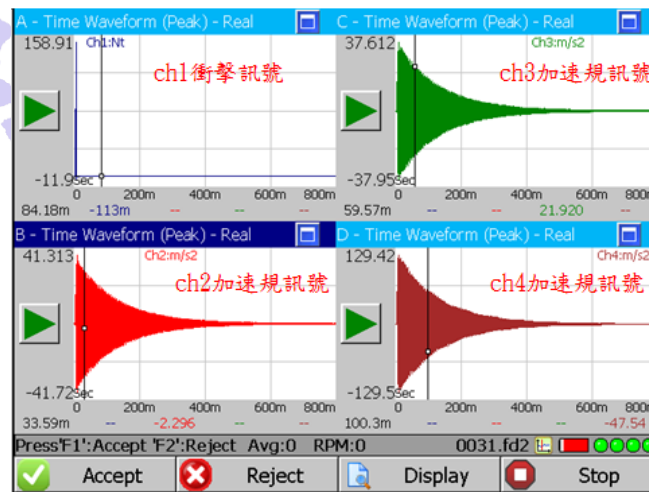


圖. 敲擊結構本體後量測介面顯示

為了確保振動訊號確實由衝擊槌激發，在敲擊後確認衝擊訊號為單一峰值訊號，並藉由相同方式敲擊量測數次，充分獲得振動與衝擊訊號之相關性，再透過頻譜分析儀進行全部資料分析，得以獲得結構物或裝備自然頻率。FRF 品質部分，

良好的 FRF 具有很好的相關係數，Coherence 主要說明衝擊槌與加速規之間的關係密切程度，若頻率位置發生 Coherence 驟降，其代表該頻率並非由衝擊槌激發，主要為附近工程或旋轉機械干擾而成，建議重新測試確認，因此 Coherence 是判斷 FRF 品質的重要指標。

完成各項量測確認後，欲觀察結構本體的自然頻率，由量測介面可明確發現頻譜圖上之峰值為結構本體自然頻率。

結構或裝備產生振動問題，主要由船上某旋轉機械裝備運作導致而成，常為主機、螺槳、發電機、空壓機等...因此若要判斷共振原因主要由船端反應相關操船參數以及實地踏查，再透過量測或分析判別該結構或裝備自然頻率即可準確判別主要激振源再實施改善避開共振。

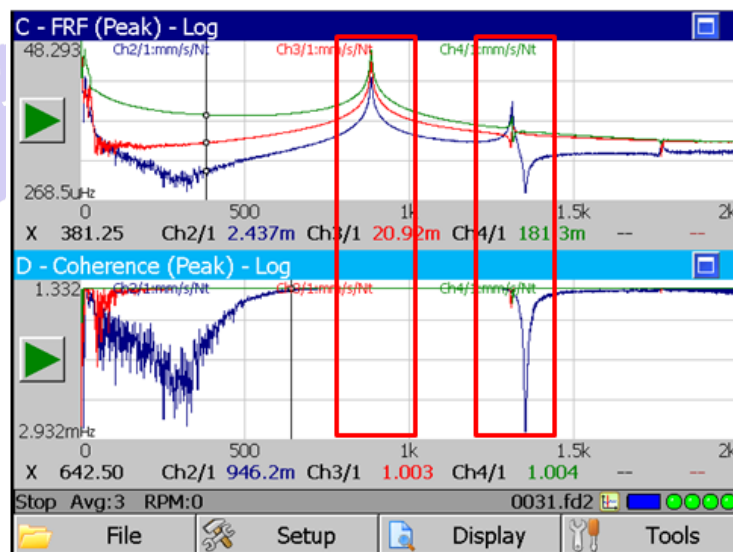


圖.FRF 與 Coherence 對應

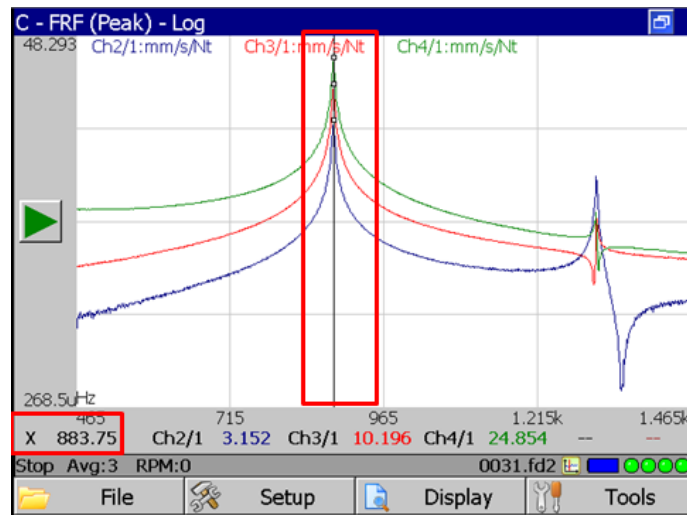


圖. FRF 頻譜圖觀察自然頻率

三、 實船案例-量測與分析比較

貨櫃船機艙整排獨立 H 鋼柱於試航期間發生明顯振動現象，經 FRF 模態測量發現該結構與主機激振階次產生共振，修改前量測與分析如圖所示。

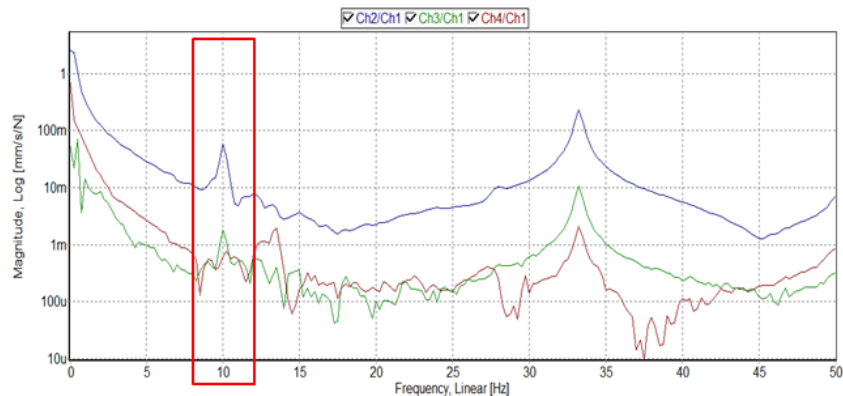


圖. 修改前 FRF 量測結果約 10 Hz

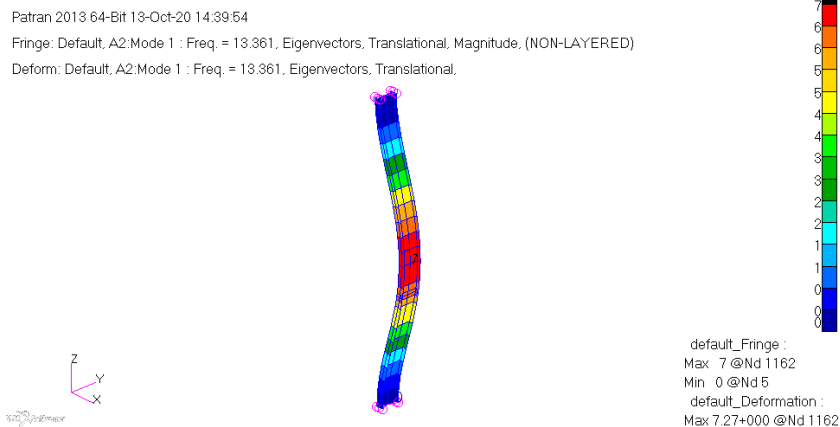


圖. 修改前有限元素分析結果約 13 Hz

由量測與分析發生誤差之原因主要為分析不考慮該結構受其他支撐與附加重量與所產生，因此量測與分析將有些許之誤差。透過準確 FRF 量測得以輔助分析改善設計且順利解決振動問題，完成修改後之量測與分析如圖所示。

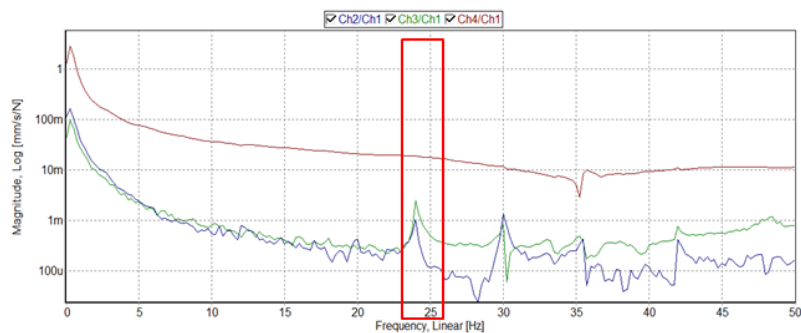


圖. 修改後 FRF 量測結果約 24 Hz

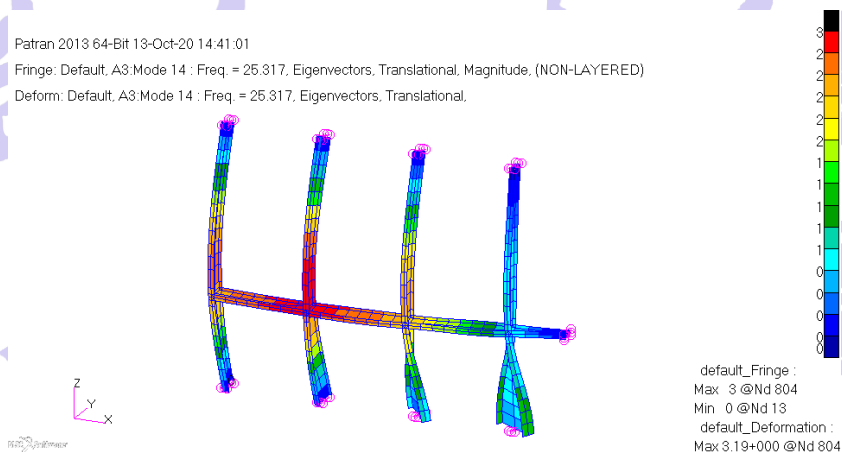


圖. 修改後有限元素分析結果約 25 Hz