

不同球頭之高爾夫球桿聲音品質分析

王栢村* 黃瑞光**

*國立屏東科技大學機械工程系教授

**國立屏東高級工業職業學校機械科實習教師

摘 要

本文主要探討三種不同頭球高爾夫球桿的敲擊聲音特性，量測敲擊時所產生之聲音頻譜，分析量測所得之聲音特性與聲音品質。藉由感覺噪音位準(PNL)、語言干擾位準(SIL)、優先語言干擾位準(PSIL)及響度位準(LL)來比較三種不同球頭之高爾夫球桿聲音品質的差異，及不同球頭聲音頻譜的特性。結果顯示在不同評估指標下高爾夫球桿之擊球聲音品質呈現一致性，對於未來實際高爾夫球桿的擊球聲音量測與聲音品質分析提供一種評估方式。

關鍵詞：高爾夫球桿、聲音品質、敲擊聲音

The Analysis of Sound Quality of Golf Clubs for Different of Club Heads

Bor-Tsuen Wang* and Jui-Kuang Huang**

**Department of Mechanical Engineering National Pingtung University of Science and Technology*

***National Pingtung Industrial Vocational School*

ABSTRACT

This work discusses the impact sound for three types of heads of golf clubs. The frequency spectrum of the impact sound from the golf club is measured and analyzed. The Perceived Noise Level (PNL), Loudness Level (LL), Speech Interference Level (SIL) and Preferred Speech Interference Level (PSIL) are applied to evaluate the impact sound quality and demonstrated for their feasibility. The results show the different indexes have the same characteristics. This work develop the evaluation methodology to measure and analyze the impact sound of golf club and can be practically adopted for golf club sound quality analyses in the future.

Keywords: golf club, sound quality, impact sound

前 言

隨著生活水準的提高，舒適安全的休閒運動逐漸受到重視，對於運動器材的品質要求就越高。就高爾夫球桿而言，球桿的設計與製造隨著球員對揮桿擊球品質之要求愈趨複雜，而影響球桿品質之因素相當多，如造型、感觀、外表、材質、品牌、擊球聲音、握把感覺等非技術性主觀因素，或如球桿長度、重量、強度、以及球頭重量、體積、重心、慣性距、強度、甜蜜區等技術性客觀因素。

而國內外對於高爾夫球桿品質的分析也有相關的文獻探討，如 Wicks et al.[1]應用振動模態分析技術，由球桿之振動模態、聲音模態及結構阻尼，來探討比較鑄造與鍛造球頭之差異性。Merkel and Blough[2]則應用模態分析技術得到球頭之模態振型，同時也探討擊球點在甜蜜區與非甜蜜區，握把、球頭之振動頻率響應，以瞭解揮擊過程之能量損失情形。Wicks et al.[3]也以衝擊錘作用於球頭，並量測握把處之加速度，以得到頻率響應函數，再擷取球頭之模態振型，也得到如 Merkel and Blough[2]之類似結論。Okbuo and Simada[4]運用 CAE 以三種不同的邊界條件來分析高爾夫球桿，包括進行模態測試、甜蜜區的定義及擊球時衝擊力之測試。王栢村和黃瑞光[5]探討三種相同握把及碳纖維球桿而不同球頭高爾夫球桿振動特性與定義高爾夫球桿品質之判斷依據。邱佑宗[6]以向量化分析動力學分析高爾夫球與球頭撞擊行為，以空氣動力學計算球於空氣中飛行之軌跡，以射程與球頭能量之角度界定高爾夫球頭甜蜜區之位置。

高爾夫球運動是藉由高爾夫球桿揮桿擊球的一種運動，除了球桿振動特性值得探討外，擊球時所發出的聲音品質亦越來越受到重視。本文藉由衝擊錘敲擊三種不同頭球、相同握把與碳纖維桿的高爾夫球桿以模擬三種不同頭球高爾夫球桿的擊球聲音，量測敲擊時所產生之聲音頻譜，分析量測所得之聲音特性與聲音品質。並藉由感覺噪音位準 (PNL)、語言干擾位準(SIL)、優先語言干擾位準(PSIL)及響度位準(LL)來比較三種不同球頭之高爾夫球桿聲音品質之差異，及不同球頭聲音頻譜的特性，試著尋找一個適合高爾夫球擊球聲音品質的評估方式。

問題定義與分析目標

2.1 問題定義

本文採用大田精密股份有限公司所提供之三種不同球頭 (大田精密股份有限公司代號為 i1364、w0072 及 i0035)，同樣握把與碳纖維球桿之 5 號鐵桿，採用 free-free 邊界情況來進行聲音之量測。模擬 free-free 邊界情況方式是以兩條橡皮筋所組合之彈性繩支撐球桿於支撐架上。使用衝擊錘敲擊球頭，每支球桿各敲擊一次，力量大小一致。

2.2 分析目標

以相同大小的力敲擊球頭，量取 1/1 八音頻帶(octave band)自身能量密度函數(auto spectrum)及 1/3 八音頻帶自身能量密度函數，探討不同球頭高爾夫球桿之聲音特性與品質。

聲音品質之定義

當聲音聽起來被感覺到不愉快或厭煩時，聲音就變成噪音。而聲音的感覺常隨著不同的人、不同的時間、不同的地點使人在聲音的感受上有相當程度的差異，因此很難明確的界定聲音的品質。

一般聲音的評估方法大致可概括與人耳聽覺特徵有關的評估量、與心理情緒有關的評估量、與人體健康有關的評估量及與室內活動有關的評估量等，不同的聲音評估方式各適用於不同的環境、時間、噪音源特性與評估對象。而本文將以響度位準、感覺噪音位準、語言干擾位準及優先語言干擾位準來探討不同球頭相同握把及球桿之高爾夫球桿聲音品質。

響度位準主要是描述人耳對不同頻率與音壓值的一種主觀評估量，用一組等響度曲線（如圖 1）對不同的聲音做出主觀上的比較。而本文則是以響度位準探討不同球頭敲擊聲音人不同頻率與音壓值的一種主觀評估值。

感覺噪音位準是確定聲音對人的干擾程度，比確定響度複雜的多，因為此處包含了心理因素的影響。如一般均認為高頻噪音比同樣音壓值的低頻噪音更為吵雜，或是音壓值隨時間激烈變化的噪音比音壓值相對穩定的同一聲音覺得更吵，而噪音的干擾程度又與一天中噪音出現的時間與人的活動有關等，因此克里脫(Kryter)考慮這些因素的一部份，提出了等感覺噪音曲線，如圖 2，由這些曲線可以確定感覺噪音度、音壓值及聲音頻率的關係[7]。而本文則是以感覺噪音位準來探討不同球頭敲擊聲音的感覺噪音度。

語言干擾位準及優先語言干擾位準則是考慮頻率在 200Hz 以上至 7000Hz 以下的噪音，因為對講話特別重要的中心頻率為 500Hz、1000Hz、2000Hz 及 4000Hz。而本文則是應用語言干擾位準及優先語言干擾位準對講話聽取干擾的高低程度來探討不同球頭敲擊聲音之品質特性。

擊球聲音實驗量測

4.1 實驗儀器架構

本文實驗架構情形如圖 3 所示，首先將衝擊錘用導線接於訊號分析儀之 A 輸入模組，其次再將噪音計接於訊號分析儀之 B 輸入模組，並置於球頭右前方 45 度方向距離敲擊點 7 公分處。其實驗的動作原理為，利用衝擊錘對高爾夫球頭敲擊，敲擊點如圖 4，由衝擊錘上之力轉換器(force transducer)明確得到相同大小之衝擊力，如圖 5 所示各球桿之衝擊力大小值皆為 313N($Y_{max}=313U$)，再利用噪音計作感測器，量取敲擊後聲音訊號，傳入雙頻道訊號分析儀，由訊號分析儀對輸入之訊號作快速傅立葉轉換，求得衝擊錘敲擊球頭聲音之自身能量密度函數。本實驗所使用之實驗儀器及其型號如表 1。

4.2 頻譜分析儀螢幕之設定

4.2.1 頻寬之設定

頻寬的大小影響訊號的取樣時間，一般而言頻寬越大取樣時間越短，本文選擇頻寬為 25.6kHz，主要為用較寬之頻寬來探討不同球頭受同一力量大小衝擊時之影響。

4.2.2 平均次數之設定

本文因訂定敲擊每支球桿之衝擊力需大小一致，故選擇平均次數為一次。

4.2.3 加權函數之設定

加權函數之功能是降低訊號之洩漏，本文之設定在衝擊錘加 Rectangular 加權函數，因為本次分析中只觀察衝擊力大小，有無加權並不影響。在噪音計則加 Exponential 加權函數。

4.2.4 噪音頻譜分析

噪音頻譜之峰值若高於背景噪音 10dB 以上就表示量測所得之噪音值有效可進行噪音頻譜分析。本文將量取 1/1 八音頻帶自身能量密度函數(auto spectrum)及 1/3 八音頻帶自身能量密度函數進行噪音品質之分析。

結果與討論

(1)感覺噪音位準 (PNL)

a. 1/1 八音頻帶自身能量密度函數

由表 2 可明顯看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/1 八音頻帶自身能量密度函數之感覺噪音位準分別為 i1364 為 106.2 PNdB、w0072 為 107.3 PNdB、i0035 為 106.3 PNdB，比較結果以 i1364 的感覺噪音位準較低，若假設感覺噪音位準愈低愈好，則顯示 i1364 聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

b. 1/3 八音頻帶自身能量密度函數

由表 3 可看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/3 八音頻帶自身能量密度函數之感覺噪音位準分別為 i1364 為 107 PNdB、w0072 為 107.4 PNdB、i0035 為 107.1 PNdB，比較結果以 i1364 的感覺噪音位準較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(2)語言干擾位準(SIL)

由表 2 可看出三支不同球頭高爾夫球桿八音頻帶自身能量密度函數之語言干擾位準分別為 i1364 為 81.7 dB、w0072 為 82.6 dB、i0035 為 81.9 dB，比較結果以 i1364 的語言干擾位準較低，若假設語言干擾位準愈低愈好，則顯示 i1364 聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(3)優先語言干擾位準(PSIL)

由表 3 可看出三支不同球頭高爾夫球桿八音頻帶自身能量密度函數之優先語言干擾位準分別為 i1364 為 78.7 dB、w0072 為 80.13 dB、i0035 為 79.47 dB，比較結果以 i1364 的優先語言干擾位準較低，同樣若假設優先語言干擾位準愈低愈好，則顯示 i1364 聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(4)響度位準(LL)

a. 1/1 八音頻帶自身能量密度函數

由表 2 可看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/1 八音頻帶自身能量密度函數之響度位準分別為 i1364 為 102.5 Phon、w0072 為 103.7 Phon、i0035 為 103.6 Phon，比較結果以 i1364 的響度較低，若假設響度位準愈低愈好，則顯示 i1364 聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

b. 1/3 八音頻帶自身能量密度函數

由表 3 可看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/3 八音頻帶自身能量密度函數之響度位準分別為 i1364 為 102.32 Phon、w0072 為 104 Phon、i0035 為 103 Phon，比較結果以 i1364 的響度較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(5)由表 2 之 1/1 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指標值及圖 6，發現 i1364 及 w0072 頻率在 4000Hz 時有最大的 dB 值分別為 90.5 dB 及 90 dB。i0035 則在頻率 2000 Hz 時音壓值最大為 89.3 dB 在頻率 4000Hz 時為 89.2 dB。再由表 3 之 1/3 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指標值及圖 7 發現 i1364 及 w0072 頻率在 3150Hz 時有最大的 dB 值分別為 88 dB 及 86.8 dB。i0035 則在頻率 2500 Hz 時音壓值最大為 87.5 dB，在頻率 3150Hz 時為 86.4 dB。顯示這三支球桿在 2000-4000Hz 範圍的音壓值影響其聲音品質最大，若能降低此部分之音壓值將有助於聲音品質的提升。

(6)由表 2、表 3 或表 4 可發現一些實驗數據相近難以判斷其差異，如 i1364 與 i0035 在感覺噪音位準部分只相差 0.1 dB，但在響度位準則相差 1.1 dB，因此由交叉分析的方式來判斷球桿整體的品質，至於誤差小的原因可能包括了三支球桿的異質性較少，包括為同號的鐵桿、相同的握把與球桿。同時本文旨在尋找可以以量化之聲音量測方式，對高爾夫球擊音特性之評估，本文採用之 4 種指標各有其代表意義如前述，如何更具體，且能明顯之區別球桿聲音品質特性，尤須更多之聲音特性資料庫之建立，以及尋找其他之評估指標模式等。

(7)綜合以上分析結果，三支球桿聲音品質評估值在四種指標交叉綜合分析下顯示 i1364 聲音品質相對較佳，此量化之資訊，可提供製造廠商於球員意見回饋之評估依據。

結 論

本文藉由衝擊鎚敲擊三種不同頭球的高爾夫球桿以模擬三種不同頭球高爾夫球桿的擊球聲音，量測敲擊時所產生之聲音，分析量測所得之聲音特性與聲音品質。藉由感覺噪音位準 (PNL)、語言干擾位準(SIL)、優先語言干擾位準(PSIL)及響度位準(LL)來比較三種不同球頭之高爾夫球桿聲音品質之差異，由結果發現 i1364 不論在感覺噪音位準、語言干擾位準、優先語言干擾位準及響度位準皆顯示出較佳的聲音品質。而三種不同球頭之高爾夫球桿在 2000-4000Hz 之間有最高之音壓值，因此若能降低此區間頻率之音壓值，將可提升此三種高爾夫球桿的聲音品質。

由本次實驗所得之結果顯示在不同評估指標下高爾夫球桿之擊球聲音品質呈現一致

性，表示此種量測方式及評估方式在高爾夫球桿的擊球聲音量測與聲音品質分析之可行性，並對於進一步實際擊球聲音量測與分析提供了一種評估方法。然而如何更具體、更有效的區別出球桿之聲音品質特性，如結構振動之影響，運動員手感、聽感之回饋意見，以

致 謝

本研究承蒙屏東內埔工業區大田精密工業股份有限公司提供球桿及相關技術資料以及部份經費資助，特此致謝。

參考文獻

1. Wicks, A. L., Knight, C. E., Braunwart, P., and Neighbors, J., 1993, "The Comparison of Forged Heads to Cast Heads for Golf Clubs," *Proceeding of the 12th International Modal Analysis Conference*, Vol. 2, pp. 1797-1802.
2. Merkel, R., C., and Blough, T., 1998, "Dynamic Characterization and Comparison of Golf Clubs," *Proceeding of The 17th International Modal Analysis Conference*, Vol. 1, pp. 513-517.
3. Wicks, A. L., Knight, C. E., Braunwart, P., and Neighbors, J., 1993, "Identification of The 'Sweet Spot' for Golf Clubs," *Proceeding of The 12th International Modal Analysis Conference*, Vol. 2, pp. 1803-1806.
4. Okbuo, N., and Simada, M., 1990, "Application of CAE(computer aided engineering) to Golf Club dynamics," *Proceedings of The First World Scientific Congress of Golf 9-13th*, pp270-273.
5. 王栢村、黃瑞光，2000，不同球頭之高爾夫球桿振動特性及品質之探討，中華民國振動與噪音工程學會第八屆學術研討會，第 209~216 頁。
6. 邱佑宗，1998，高爾夫球甜蜜區計算，中華民國力學會第二十二屆全國力學會會議論文集(二)，台南市，第 395-400 頁。
7. 鄭長聚，洪宗輝，王諛賢、章力編著，環境噪音控制工程，科技圖書股份有限公司，1995。
8. 蘇德勝編著，噪音原理及控制，臺隆書店出版，1999。

表 1 聲音量測使用之儀器一覽表

儀器名稱	型號
雙頻道訊號分析儀	BK 3550
衝擊鎚	BK 8202
普通噪音計	3606

表 2 1/1 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指標值

中央頻率 (Hz)	背景 噪音 (dB)	i1364			w0072			i0035		
		頻帶音壓 位準(dB)	感覺喧鬧 度(noys)	響度指標 (sone)	頻帶音壓 位準(dB)	感覺喧鬧 度(noys)	響度指標 (sone)	頻帶音壓 位準(dB)	感覺喧鬧 度(noys)	響度指標 (sone)
63	20.3	56	0	1	40.8	0	0.1	51.5	0	0.8
125	24.2	57.5	1.8	2	53.2	1.3	1.3	52.5	1.2	1.4
250	29.1	62	4	3.7	64.3	4.8	4.5	58.8	3	3.1
500	27.1	70.1	7.9	7.5	73.6	10.8	8.8	69.1	7.7	7
1000	27.3	78.4	14.8	15	83	20.5	20	80	16.5	16.5
2000	28.4	87.7	49.5	32	83.8	38	25	89.3	50.2	39
4000	32.5	90.5	68	50.5	90	68.5	50	89.2	65	49
8000	29.5	77.4	20	24	87.4	45	50	83.6	32	42
PNL (PNdB)			106.2			107.3			106.3	
LL(Phon)				102.5			103.7			103.6
SIL(dB)		81.7			82.6			81.9		
PSIL(dB)		78.7			80.13			79.47		

表 3 1/3 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指標值

中央頻 率(Hz)	背景 噪音 (dB)	i1364			w0072			i0035		
		頻帶音壓 位準(dB)	感覺喧鬧 度(noys)	響度指 標(sone)	頻帶音壓 位準(dB)	感覺喧鬧 度(noys)	響度指 標(sone)	頻帶音壓 位準(dB)	感覺喧鬧 度(noys)	響度指 標(sone)
160	19.3	53.5	1.5	1.5	53.1	1.4	1.5	47.8	1	1.2
200	22	54.8	2	2.2	55.2	2.1	2.2	50.2	1.4	1.5
250	25.9	56.7	2.2	2.5	58.7	3	3.1	53.3	2	2.2
315	24.2	59.2	3.5	3.6	62.1	4.1	3.9	56.4	2.6	2.6
400	22	61.9	4.8	4	65.5	6.3	5	60.4	4	3.8
500	22.3	65.1	6.3	5.5	68.6	7.2	6.8	64.4	6.2	5.3
630	22.5	67.3	7	6.5	70.9	8	8	66.4	6.6	5.8
800	23.2	69.5	7.9	8	74.2	11	10.9	70.5	8	8
1000	22.3	73.4	11.5	10	78.1	14.5	15	74.5	12.5	11.8
1250	21.9	75.9	12.5	12.5	80.3	18	17.5	77.7	14	15
1600	23	79.5	23	19	80	23.2	18	79.6	23.1	18
2000	23.6	82.1	31.5	22	77.5	25	16.5	82.8	32	24
2500	24.2	85.3	45	29	79.3	30	20.5	87.5	50	30
3150	25.1	88	60	40	86.8	57	38.5	86.4	56	38
4000	24.2	86.4	50	39	83.9	45	32	83.4	42	31.9
5000	30.7	77.4	28	21	84.3	45	37	82.7	41	32
6300	27	74.2	20.5	19	79.8	30	28	75.3	22	19
8000	19.8	68.8	12.5	14	76.2	20	22.5	80.7	29	30
10000	24.8	73.1	13.5	15	86.1	31	42.5	78.8	19	29
PNL (PNdB)			107			107.4			107.1	
LL(Phon)				102.3			104			103

表 4 三支球桿聲音品質評估比較表

	八音頻帶	i1364	w0072	i0035
PNL(PNdB)	1/1	106.2	107.3	106.3
	1/3	107	107.4	107.1
LL(Phon)	1/1	102.5	103.7	103.6
	1/3	102.3	104	103
SIL(dB)		81.7	82.6	81.9
PSIL(dB)		78.7	80.13	79.47
品質判斷		最佳	最差	次之

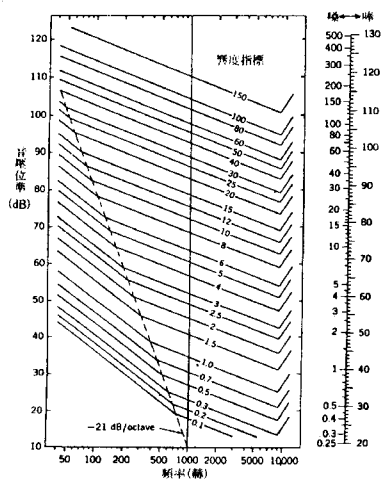


圖 1 等響度指標曲線[8]

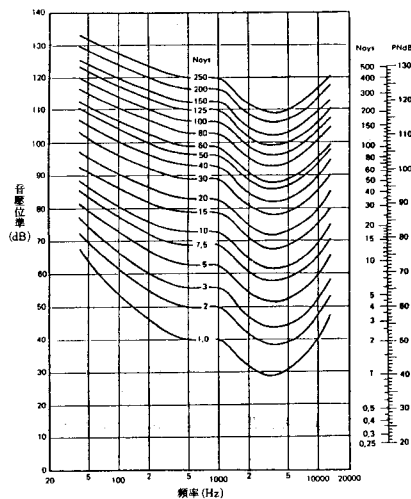


圖 2 等感覺噪音曲線[8]

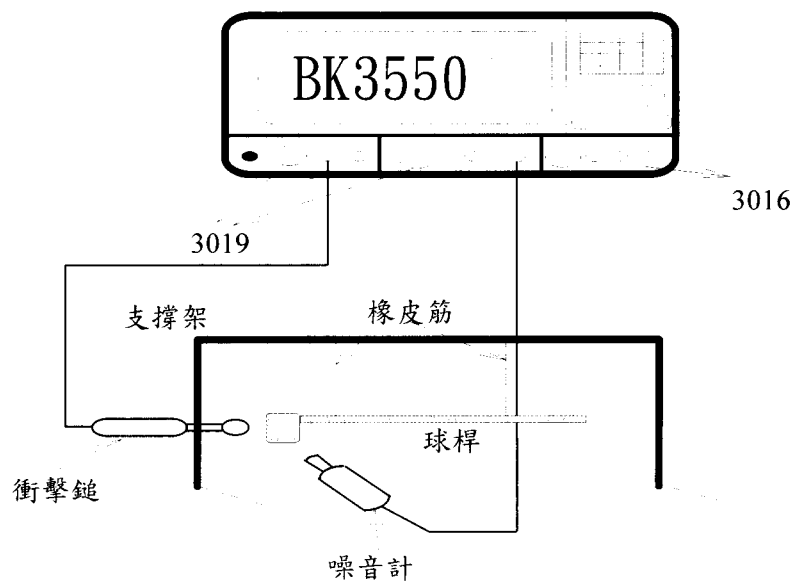


圖 3 聲音量測實驗架構圖

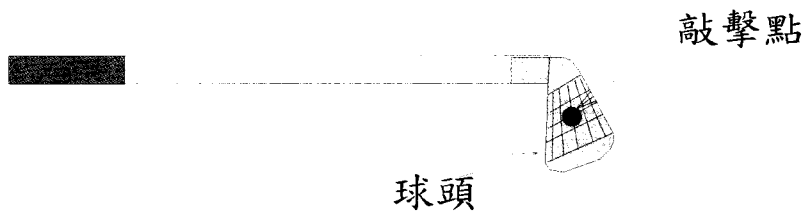
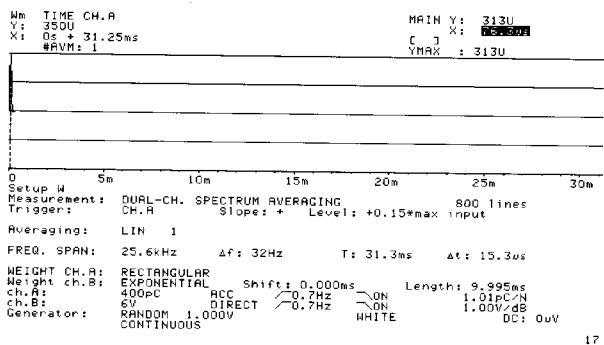
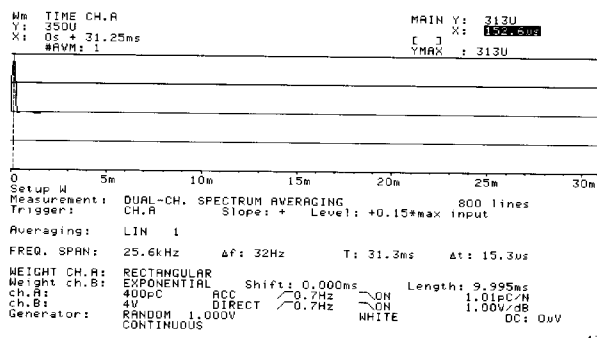


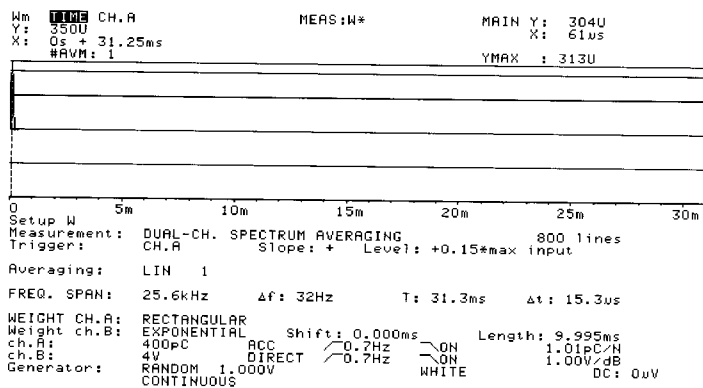
圖 4 敲擊位置圖



(a)i1364



(b)w0072



(c)i0035

圖 5 各球桿之衝擊力大小

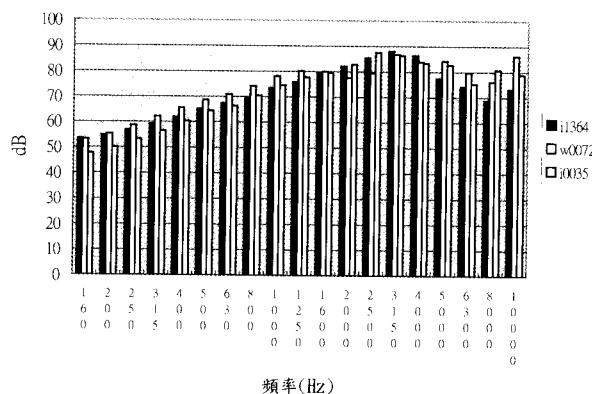
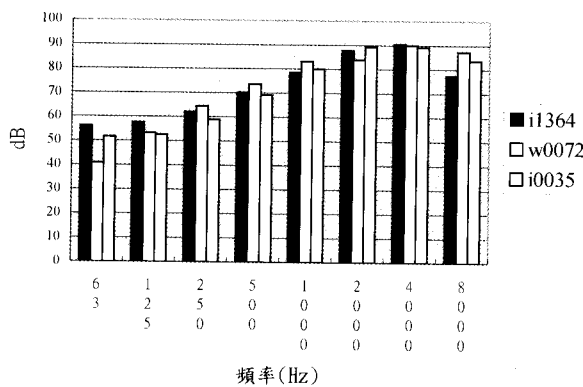


圖 6 1/1 八音頻帶自身能量密度函數比較圖 圖 7 1/3 八音頻帶自身能量密度函數比較圖