

表面裝修構造對樓板衝擊隔音性能影響之研究—以重量衝擊源為例

Experimental Investigation on floor impact sound insulation with floor coverings construction-Taking Impact ball as Examples

鍾松晉¹ 江哲銘² 郭志揚³ 徐愷宏⁴

摘 要

關鍵字：

樓板衝擊音、樓板表面裝修構造、小試體實驗、重量衝擊源

研究發現，樓板表面裝修材是輕量衝擊源改善隔音性能最普遍的方式之一，但是對於低頻衝擊音，樓板裝修材之改善量是否如高頻音一樣有效尚待確認。本研究藉由足尺實驗屋及小試體實測的模式，以重量衝擊源進行樓板表面裝修構材之實驗機制與評估研究，利用重量衝擊源對裝修構材隔音性能進行測定分析，找出影響衝擊音評價之變因，提出改善低頻衝擊音對策。

研究結果顯示，構材在衝擊音改善程度的趨勢，減振材具衝擊音的改善趨勢；改變減振材組構方式對 L 值有改善的趨勢；增加具阻尼特性的構材對整體衝擊音改善量有顯著的趨勢。

小試體實驗證實以樓板表面裝修構造改善低頻樓板衝擊音之有可行性，改善量則因材料特性與組構方式而異；在理想架構的預測可改善裸樓板衝擊音評價至 L-45、 ΔL_w 43、IIC67，衝擊音級改善程度可達 5.5%，但整體而言，表面裝修材對重量衝擊源的改善量不如輕量衝擊源般的顯著。

A b s t r a c t

Keywords：

Floor impact sound、Floor coverings、Sound insulation、Impact ball

The research reports present that using floor constructional materials to improve the impact of sound-insulated function became one of most universal ways for improving sound environment. Nevertheless for the floor constructional materials, using the low frequency noise can have more effective improvement than using the high frequency noise or not is still uncertain. Therefore, the research takes the small test pattern and the experiment of the full scale study house and then we use the impact ball to proceed the experiment and the research of the floor constructional materials investigate. Afterwards, we use the impact ball to analysis the sound-insulated function of floor constructional materials and look for the

¹ 雲林科技大學創意生活設計系助理教授

² 成功大學建築系教授

³ 雲林科技大學空間設計系碩士

⁴ 雲林科技大學空間設計系研究生

affected factors of the impact sound. Later we suggest a strategy to improve the low frequency noise.

The results present the tendency of constructional materials in the improvement degree of impact sound, demonstrated that the antivibrational material has the improved effect to the impact sound. The change of the antivibrational material's fabric has the improved effect to the L value; the increase of the construction materials with the damping characteristic has the remarkable improved quantity to the whole impact sound.

The research shows that the small test pattern to examine the feasibility that the floor coverings would improve lower frequency sound by floor impact. The improving quantity is different from materials' characteristic and fabric way. The ideal constructional forecast that may improve the impact sound of bare floor is about L-45, ΔL_w 43, IIC67, and the improved degree of impact sound may reach 5.5dB. As a whole, for the improvement of impact ball the floor constructional material is worse than the light impact of sound-insulated function.

一、研究緣起與目的

台灣從開發中國家邁入成為了已開發國家，各地區朝向都市密集化以及高層化的發展，高層建築所帶來的居住噪音的問題不容小覷，而根據每年的公害污染統計資料所顯示，噪音整體公害比率佔了所有公害污染的3成。

以台灣目前之建築產業現況來看，舊建築比率佔了總體建築之97%，而舊建築利用室內裝修更新次結構之方法為目前居住空間改善最適切之方法，因此利用樓板裝修材改善樓板衝擊隔音性能，則躍然成為改善建築音環境之最佳方式之一（謝宛均，2003）。

目前國內有關於輕量樓板衝擊隔音性能探討之研究機制已相當成熟，但以室內裝修材探討重量衝擊源隔音性能之研究仍在少數，但低頻噪音如機械振動、赤足走路等對生活影響極大，而且一般樓板裝修對低頻音帶之改善極為有限，為求音環境領域之研究機制更加健全，現階段累積相關研究基礎資料為具相當急迫性之首要。

本研究期望藉由足尺實驗屋以小試體實測的模式，以國內常用之樓板裝修構材透過實驗探討材料特性及對低頻衝擊音之衰減特性，建立樓板裝修材料性能體系以供相關從業人員參考。

二、文獻探討

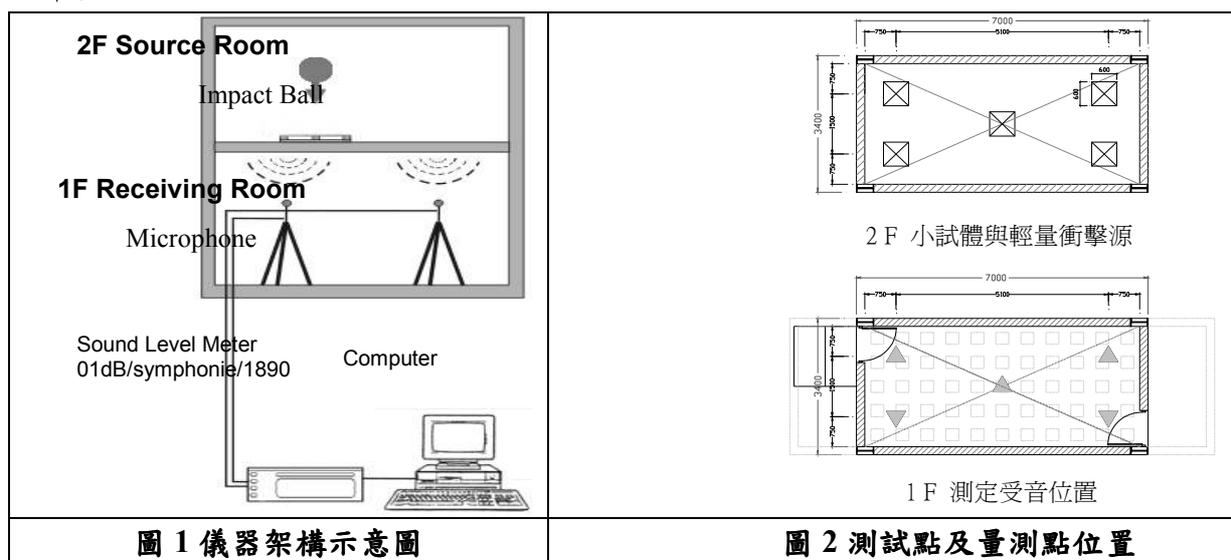
研究發現樓板厚度增加、表面材之緩衝性能愈佳，則隔音性愈佳（陳冠州），而不同表面材、角材、填充材、緩衝（減振）材之組合結果顯示對輕量衝擊源樓板衝擊音改善佳，對重量衝擊源則反之（羅武銘），木質地板隨構架材高度增加；設置填充材則相對構架材高度增加，對L值有降低的趨勢；設置阻尼特性的構材對衝擊音改善量有顯著的趨勢（張涵璋），表面材對樓板衝擊音可有效改善，而對於重量衝擊源則改善有限；輕量化樓板相較於傳統RC樓板有較佳的隔音性能，表面材隨著彈性、厚度的增加，對振

動的減低量則越佳（鍾松晉），經由實證輕量衝擊源對人們日常生活影響不大：實驗顯示輕量衝擊源的噪音值有時甚至比可聞噪音分貝的平均值還低了 4dB（J.Y.JEON 2000），ISO140 及 717 系列不足以判定隔音性能：因為輕量衝擊源無法測得低頻音帶之頻率，並實驗證明沙球的頻譜圖與人類的走路跑步等較為接近（Shi. Wanqing，1995）。

三、研究方法

（一）樓版衝擊音的實驗測定方法

本研究針對樓版表面材實驗室試驗方法之樓版衝擊音量測，將依據 ISO 國際標準規範，進行實驗場所及量測方法[2]。本研究之實驗場所為足尺實驗屋，其中音源室空間尺寸 7.0m(L)×3.4m(W)，受音室空間尺寸為 7.0m(L)×3.4m(W)×3.0m(H)，樓版傳播機制包括樓版表面材與鋼構複合樓版。ISO 140-8 關於實驗室性能之規定，可分受音室與樓版樣式探討，受音室規範內容包括室容積、餘響時間、天花尺寸，樓版則對其構造、尺寸、強度有所規範。本實驗之測定方法、量測儀器系統，量測試點、測點與裝置如圖 1、圖 2 所示。



（二）構材小試體實驗架構與類型

本研究依據相關資料的彙整以及廠商的訪談，選定一般住宅建築常使用的樓板裝修構造，作為小試體的架構。試材的遴選依據除需具備普遍性以及代表性外，對於實驗研究而言一般裝修施工的可及性也是相當重要的。因此實驗對象的確定本研究在構造別上以鋪面及貼面兩種工法為主，搭配多種表面材進行交叉實驗。

實驗材料之選澤以國內普遍的樓地板裝修材料為主，並參考相關文獻為材料分類及選用。小試體之組構共分為四部份，依構造方式由上而下分別為（A）表面材（B）構架材（C）填充材（D）減振材，如圖 3 及圖 4 所示。

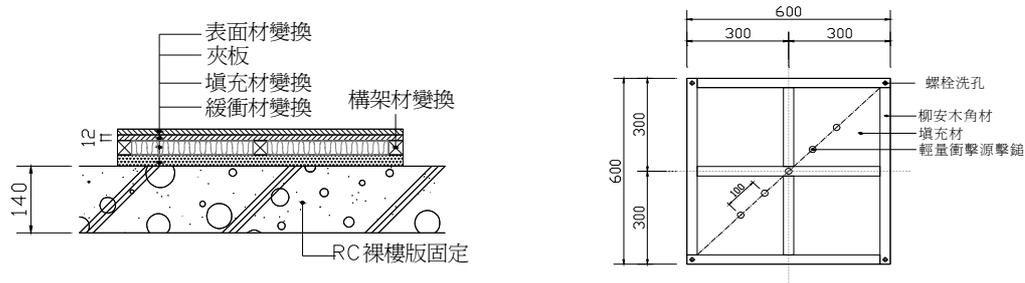


圖 3 小試體構造施工說明

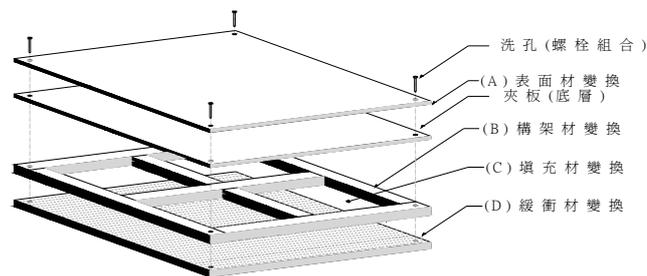


圖 4 小試體構造組構示意

(三) 表面裝修構造對重量衝擊音隔音性能之探討

1. 不同表面材對衝擊音之影響

在低音域中改善程度皆呈現負值之情況，以銘木地板衰減量最差-3dB。毯類以塑膠地毯最差，衝擊音級改善量為-2.5 dB(A)，使用方塊地毯隔音性能最佳，改善程度最多達 0.3dB。如表 1 所示。此些材料在輕量衝擊源上改善量均有良好的效果，但在重量衝擊源方面只有方塊地毯改善量為正值 0.3 db(A)但還是沒有輕量衝擊源的 30.17 db(A)的效果來的好。如圖 5 所示。

表 1 使用不同表面材衝擊音級改善程度

測定材料	方塊地毯	塑膠地磚	塑膠地毯	花梨木	柚木	銘木
測定值, dB(A)	51.9	52.2	54.7	53.8	53.1	55.3
衰減值, ΔL	0.3	0	-2.5	-1.6	-0.8	-3

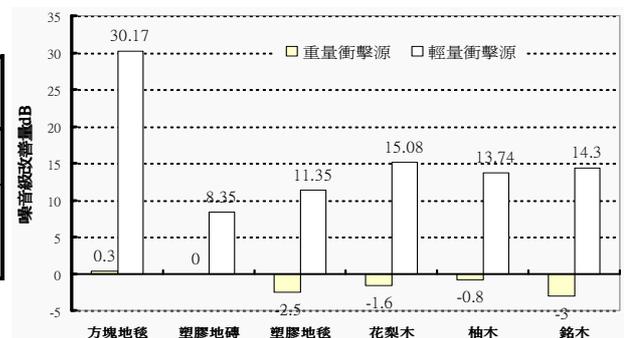


圖 5 不同表面材衝擊音級分析

2. 表面材不同組構方式對衝擊音之影響

底層厚度組合為 12、18、30、36mm，共四實驗組，頻譜分布趨勢上一致，但改善量皆呈現負值。如表 2 所示。以銘木地板+12 mm 夾板為控制組，表面鋪以方塊地毯、塑膠地毯為鋪面材，進行性能組合實驗，再輕量衝擊源上方塊地毯改善量最佳達 28.32db(A)

但在重量衝擊源上還是為負值 0.8。如圖 6 所示。

表 2 面材不同組構方式衝擊音級改善程度

測定材料	銘木地板底層				銘木地板表面鋪設	
	12mm	18mm	30mm	36mm	方塊地毯	塑膠地毯
測定值, dB(A)	55.3	57.4	55.7	54.5	53.1	55.3
衰減值, ΔL	-3.0	-5.2	-3.5	-2.3	-0.8	-3

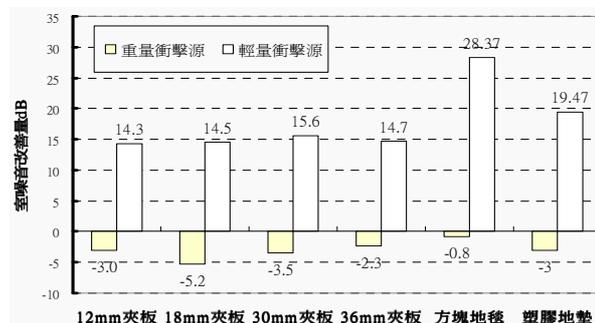


圖 6 不同底層厚度與表面材衝擊音級分析

3. 不同構架材對衝擊音之影響

構架材分別為 1 吋及 2 吋角材，以銘木地板+12 mm 夾板作為控制組，改善不顯著依然呈現負值的情形。中高音頻間 250~1.25kHz 之改善量負值最為嚴重。如表 3 所示。重量衝擊改善情況與輕量衝擊完全相反，2 吋角材在輕量衝擊源改善上最佳為 20.1 db(A)，但在重量衝擊源上卻是最差為負 7.3 db(A)。如圖 7 所示。

表 3 不同構架材衝擊音級改善程度

測定材料	銘木地板+12mm 夾板		
	未使用構架材	1 吋角材	2 吋角材
測定值, dB(A)	55.3	58.5	59.5
衰減值, ΔL	-3.0	-6.3	-7.3

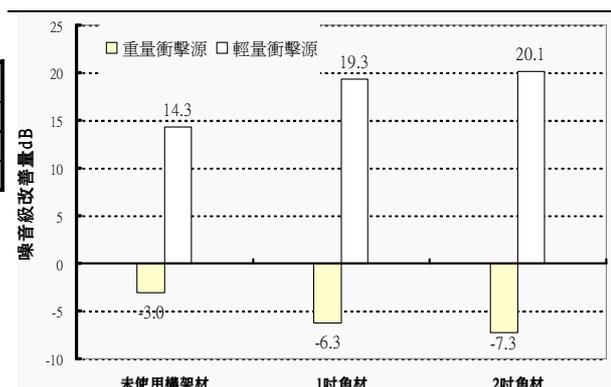


圖 7 不同構架材衝擊音級分析

4. 構架材不同組構方式對衝擊音之影響

在針對高度變因下進行探討，分別比較 1 吋、2 吋、3 吋角材鋪設，在不同高度間之改善程度並沒有增加，而在 500~1KHz 改善量負趨勢最為嚴重。如表 4 所示。實驗中以銘木地板與 1 吋構架材為標準板，分別在表面鋪設方塊地毯與塑膠地毯，依然呈現負成長的關係，愈趨高音域改善量負成長有增加的趨向。如表 5 所示。在探討複層構架材，以 1 吋角材疊加 2 吋角材，增加由 4 mm 與 18 mm 之夾板做為隔層，以隔層 18 mm 夾板略優於 4 mm 夾板，與未複層使用實驗組差別不大。如表 6 所示。

表 4 木質地板使用不同高度構架材衝擊音級改善程度

測定材料	1 吋角材	2 吋角材	3 吋角材
測定值, dB(A)	58.5	59.5	56.9
衰減值, ΔL	-6.3	-7.3	-4.7

表 6 構架材複層方式衝擊音級改善程度

測定材料	未使用	4mm 夾板	18mm 夾板
測定值, dB(A)	56.9	58.0	57.8
衰減值, ΔL	-4.7	-5.7	-5.6

表 5 木質地板構架鋪設不同表面材衝擊音級
改善程度

測定材料	不鋪設	方塊地毯+銘木地板	塑膠地毯+銘木地板
測定值, dB(A)	58.5	57.3	58.6
衰減值, ΔL	-6.3	-5.0	-6.4

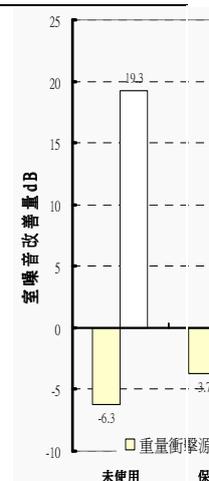
5. 以填充材改善樓板衝擊音

(1) 不同填充材對衝擊音之影響

在填充材實驗以銘木地板+12 mm夾板+1 吋角材作為控制變因，兩種填充材料對於低音域的改善效益具有減低的趨勢，但仍然呈現了負成長的關係。玻璃棉厚度 25 mm在密度 16k 時改善量比未鋪設時差，但在輕量衝擊源時改善量最好，改善量比未鋪設時增加了 3.6 dB(A)。如圖 8 所示。重量衝擊中以 48k 最好；而岩棉厚度 25 mm在密度 60K 的規格中，衝擊音級改善量約比未鋪設時減低了約 2dB(A)。如表 7 所示。保麗龍在重量衝擊的改善效益最佳達-7.09%，約較未填充時減低約 4.9%，衝擊音級改善量為-3.7 dB(A)，但在輕量衝擊源改善量卻比未鋪設時還差。實驗發現填充材在輕、重衝擊源的改善上完全相反，對於輕量衝擊源改善佳的在重量衝擊時卻最差。但填充材對於輕量衝擊的改善上還是明顯優於重量衝擊源。如圖 8 所示。

表 7 不同填充材衝擊音級改善程度

測定材料	未使用	保麗龍	岩棉 60K	玻璃棉 16K	玻璃棉 32K	玻璃棉 48K
測定值, dB(A)	58.5	55.9	56.6	60.0	57.7	57.1
衰減值, ΔL	-6.3	-3.7	-4.4	-7.8	-5.5	-4.8



(2) 填充材不同組構方式對衝擊音之影響

實驗以銘木地板構架為控制，以岩棉 110K、玻璃棉 48K 為主，填充厚度為 1、2、3 吋，在不同厚度變因下，隔音改善量的表現亦具有相同趨向，仍呈現負值。如表 8 所示。

填充材組合使用，針對填充材不填滿、同質異規格、不同質異規格等三項進行，改善量在 50Hz 以下有 0~2.5dB 的改善量，衝擊音級平均改善量為 56.3dB(A)，衝擊音級改善程度則在-3.4dB~-7.3dB。如表 9 所示。相異材質與規格組合，填充層包括空氣層與兩種合成纖維棉材，中高音域的改善效益較不理想，低音域 80、100Hz 的改善量較好出現正值，B 實驗組的改善效益略優於 A 組，兩實驗組在中高音域的差異較大。如表 10 所示。

表 8 填充材厚度衝擊音級改善程度

測定材料	木質地板構架填充 岩棉 60k			木質地板構架填充 玻璃棉 48k		
	1吋	2吋	3吋	1吋	2吋	3吋
測定值, dB(A)	56.6	57.4	59.2	57.1	59.0	55.5
衰減值, ΔL	-4.4	-5.2	-7.0	-4.8	-6.8	-3.3

表 10 填充材複層方式衝擊音級改善程度

測定材料	木質地板複層構架(4mm夾板隔層)		
	未填充	實驗組 A	實驗組 B
測定值, dB(A)	58.0	56.5	55.5
衰減值, ΔL	-5.7	-4.3	-3.3

表 9 填充材不同組合方式之衝擊音級
改善程度

測定材料	未填 充	實驗組 A	實驗組 B	實驗組 C
測定值, dB(A)	59.5	56.4	56.8	55.7
衰減值, ΔL	-7.3	-4.2	-4.6	-3.4

6. 以減振材改善樓板衝擊音

(1) 不同減振材對衝擊音之影響

橡膠板材共有四種規格，硬度 30° 厚度 10、20mm 與，硬度 60° 厚度 10、20mm。四種規格對於衝擊音改善效益較不理想，30° 發泡橡膠的改善量略優於 60°，但改善量仍為負成長。防振毯 (Enkasonic) 在頻譜趨勢上與彈簧減振墊具有相似的趨向，但整體表現仍不佳。彈簧減振墊在低頻音表現為最佳，為所有減振材唯一改善程度成正向成長。兩種防振墊材差異程度不大。如表 11 所示。所有減振材對於輕量衝擊源比未設置改善量佳，彈簧減振墊對於輕、重衝擊都有最佳的改善，但減振材在輕量衝擊源的改善程度還是比重量衝擊源來的好。如圖 9 所示。

表 11 不同減振材衝擊音級改善程度

測定材料	未設置	軟木減 振墊	橡膠減 振墊	彈簧減 振墊	防振 毯	減振橡膠 板 DA1	減振橡膠板 DA2	減振橡膠板 DA3	減振橡膠板 DA4
測定值, dB(A)	58.5	53.7	53.4	50.4	53.6	54.3	53.3	55.8	56.8
衰減值, ΔL	-6.3	-1.5	-1.2	1.9	-1.4	-2.08	-1.12	-3.62	-4.62

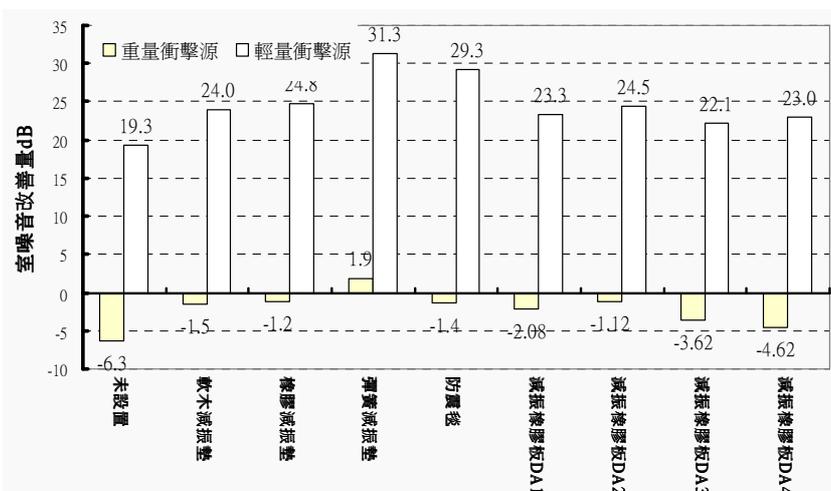


圖 9 不同減振材衝擊音級分析

(2) 減振材不同組構方式對衝擊音之影響

不同鋪設厚度對衝擊音之影響，以橡膠減振板硬度 60° 比較厚度 10、20、30 mm，厚度對於衝擊音之改善量效益並不顯著；防振毯以疊層方式，在增加鋪設層數之後改善效益隨之增加，疊加兩層後改善程度由-1.4 dB 變為-0.2 dB 趨近於 0。如表 12 所示。

以不同板材組合、墊材與板材組合及墊材與複合材組合共三實驗組，分析顯示 B、C 兩實驗組在組合改善程度提升為 1.7~2.3 dB。而 C 實驗組以彈簧底層鋪設防振毯，測試結果效能較彈簧墊更佳，改善量僅於 3.15K 處出現負值，相較於彈簧墊材單一使用約提升 0.5 dB(A)，單一防振毯為 3.7 dB(A)。如表 13 所示。

表 12 減振材鋪設厚度衝擊音級改善程度

測定材料	木質地板構架(1吋角材)鋪設減振材					
	未鋪設	防振毯	防振毯*2	橡膠減振板		
				60度 10mm	60度 20mm	60度 30mm
測定值, dB(A)	59.5	53.6	52.4	55.8	56.8	56.3
衰減值, ΔL	-7.3	-1.4	-0.2	-3.6	-4.6	-4.0

表 13 不同減振材組合衝擊音級改善程度

測定材料	木質地板構架(1吋角材)鋪設減振材					
	橡膠減振板			防振毯	彈簧墊	彈簧+防振毯
	60度 30mm	30度 10mm+60度 20mm	60度 20mm+彈簧墊			
測定值, dB(A)	56.3	54.9	50.5	53.6	50.4	49.9
衰減值, ΔL	-4.0	-2.7	1.7	-1.4	1.9	2.3
		(A)	(B)			(C)

四、結論

1. 以不同種類木質地板直鋪與改變底板增加整體厚度 (12~36mm)，對衝擊音性能評價的提升差異不大。
2. 木質地板增加構架材高度，空氣層厚度增加隔音性能評價降低了一個等級；構架材複層使用，衝擊音隔音性能評價降低了一個等級。
3. 木質地板構架使用填充材，填充棉填充厚度增加而構架材高度相對增加，對隔音性

能評價提升亦無助益，複層填充的方式對於評價值的提升較為不顯著；填充棉組合使用與單一棉材填充對於評價值提升差異較小。

4. 減振墊材中以彈簧的評價性能為最佳；而其他兩種墊材在評價性能差異不大。在厚度變因中，橡膠減振板材增加厚度對於隔音評價的提升效果有限；防振毯增加厚度對於隔音性能評價則有一個等級提升。減振材之組合性能中，分析結果顯示防振毯與彈簧墊材組合使用會提升原有隔音性能評價達兩個等級。
5. 表面材對於輕量衝擊源的隔音還是明顯比重量衝擊源佳，大部分的表面材對於重量衝擊源的改善量都為負值，顯示表面材對於重量衝擊源的改善有限。
6. 實驗發現對於能有效改善輕量衝擊源的表面材，對於重量衝擊源並不一定有效，反之對於重量衝擊源改善最佳的表面材對於輕量衝擊源並不一定有好的隔音性能。

五、參考文獻

1. 張涵璋，國立雲林科技大學空間設計研究所，碩士論文，「以表面裝修構造改善樓板衝擊隔音性能之實驗研究」，2005。
2. 江哲銘，建築學報，「樓版衝擊簡易評估指標之研究」，Vol.10，pp.71~86，1994。
3. 鍾松晉，國立成功大學建築研究所碩士論文，「建築物輕量化樓版隔音性能之探討」，1993。
4. 鍾松晉，國立成功大學建築研究所博士論文，「台灣地區樓板衝擊音影響因子預測模式之研究」，1999。
5. 謝宛均，國立成功大學建築研究所，碩士論文，「有限元素法預測樓板衝擊音衰減特性之研究」，2003。
6. 陳冠州，國立成功大學建築研究所，碩士論文，「樓版衝擊音防止對策之研究—以小試體多種表面材之實驗檢討」，1989。
7. 黃彥學，國立成功大學建築研究所，碩士論文，「高層集合住宅樓板衝擊音改善之研究」，1994。
8. 陳啟中，詹氏書局，「建築物理概論」，1996。
9. 江哲銘 主持，內政部建築研究所籌備處，「建築物防音材料與防音構造準則之研究」，A05-54，1991。
10. J.Y.JEON, Journal of Sound and Vibration, 「Subjective evaluation of floor impact noise based on the model of ACF/IACF」,241,no1, pp147~155,2000.
11. Shi. Wanqing, Applied Acoustics, 「Assessment of Sound Insulation of a Wood Joist Construction due to Different Type of Impact Sources」 Vol.48,No.3,pp.195~203,1995.
12. Shi. Wanqing ,Carin Johansson and Ulrik Sundback,Applied Acoustics, 「An Investigation of the characteristics of impact sound sources for impact sound insulation measurrmrmt」 ,v51,no1,pp.85~108,1997