

學校活動場地地面材質對活動者之影響

王秀燕*

壹、緒論 (Introduction)

學校建築設備無非是要提供學生從事各類活動，其中除了教育性的功能外，應該兼具安全性的功能。國外先進的國家，對此不遺餘力的進行研究並改進各類活動場地及設施的便利性與安全性，環顧國內這方面的研究，實有待加強，尤其是活動場地材質對活動者所造成的各類影響，更是如此。

運動場館的運動場地表面對於所有的運動是一個非常重要的影響因素，因為運動中場地表面是最常與人體接觸的設備，其好壞將影響運動成績表現與運動傷害發生的機率 (Andreasson & Olofsson, 1983; Komi & Gollhofer, 1986; Nigg, 1986)。Kolitzus (1984) 認為在設計運動場或活動場地，應依照部份的建築細節進行設計時，盡量將一些有利因素加入以達到設計的最佳需求表現，最基本的設計條件需求是依據德國的鋪設標準，必須據有三種功能1、防護功能2、與活動有關功能3、與特殊技術有關的功能；Komi和 Gollhofer (1986) 也認為評估活動場地應從1、特定規格 (材料、厚度、溫耐性、耐受性等) 2、活動功能性 (軟硬度、抓力及彈性等) 3、安全性能 (揮發毒性、反作用傷害及滑倒傷害等)。許多學者的研究也都認為活動場地材與傷害有相當的關聯 (Nigg, 1985; Stucke et al, 1984; Powell & Schootman, 1992)。此外，Maybury和 Waterfield (1997) 進行蹬階運動研究，研究利用不同階梯高度進行衝擊力 (衝量) 測試，所蒐集的資料顯示高度越則衝擊力越大，受傷的發生率亦愈大，特別是髖、膝及踝等關節。

本文企圖從學校活動場地材質來探討對活動者的影響，特別是從活動場地反作用力的觀點，來討論場地材質對活動者的影響。資料蒐集係針對學校建築設備中，活動者活動最頻繁的運動場及體育館等設備，常被採用的幾種場地材質進行研究，期以瞭解於這些材質場地活動對活動者的影響，並討論長期在這些材質場地上活動對於活動者的影響。

*台北縣汐止國中校長

貳、方法 (Methodology)

研究資料之蒐集，係以實驗研究法進行，實驗採合成材質地板、木質地板、水泥地板及磁磚地板（對照用）等經常被使用的活動場地材質作為研究對象，整個過程是於實驗室內透過瑞士製Kistler測力板（Kistler Force platform），搭配Kistler Bioware（BioWare Data Acquisition for Biomechanics）分析軟體，進行前述各類材質反作用力對人體影響的分析研究。

Kistler測力板系統（Kistler Force platform system）的設定是取樣頻率為1000Hz，取樣時間為3秒；時域（Time Domain）的力量單位為體重之倍數（Body Weight）。衝力（Impulse）是分別由三向分力（Force Component）以時間加以積分（Integral）。

實驗處理係經由六位自願受試者（平均年齡 13 ± 2 歲、身高 166 ± 5 公分及體重 63 ± 6 公斤）穿著同一款式運動鞋，分別於人工合成材質地板、木質地板、水泥地板及磁磚地板等材質上，以 3.5 ± 0.5 公尺/秒速度進行跑步，同時透過Kistler測力板系統擷取四種材質之地面反作用力資料。

參、結果與討論 (Result and Discussion)

研究結果發現六位活動者於不同材質地板活動時，各類活動場地材質所產生之地面反作用三向（X, Y, Z）分力資料；即前後、左右及上下分力資料。如圖1、2、3及4是三向分力之時間—力量圖。

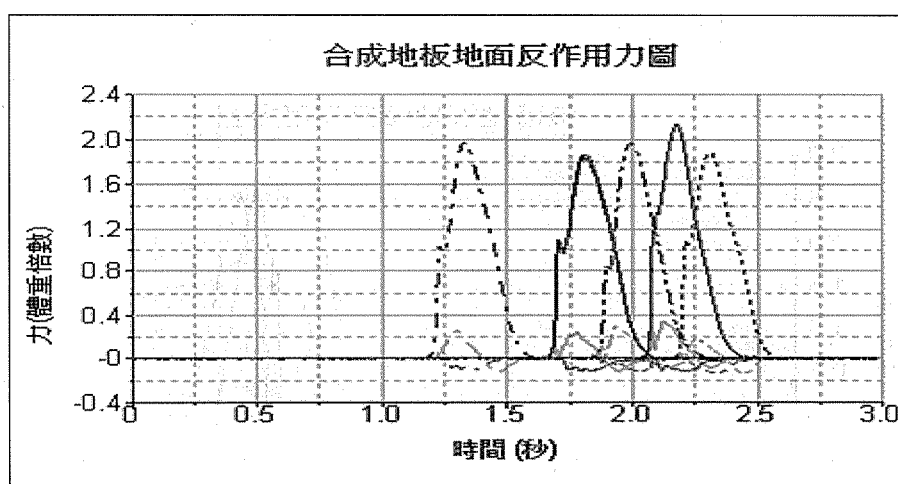


圖1、合成地板地面反作用力三向分力圖

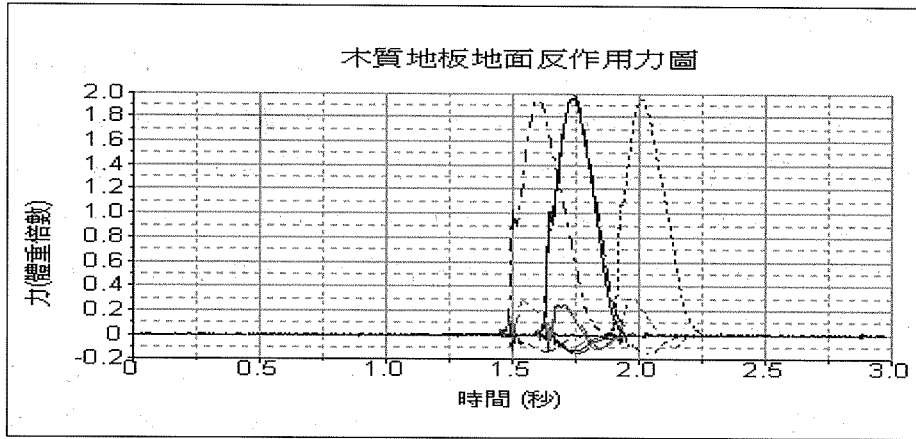


圖2、木質地板地面反作用力三向分力圖

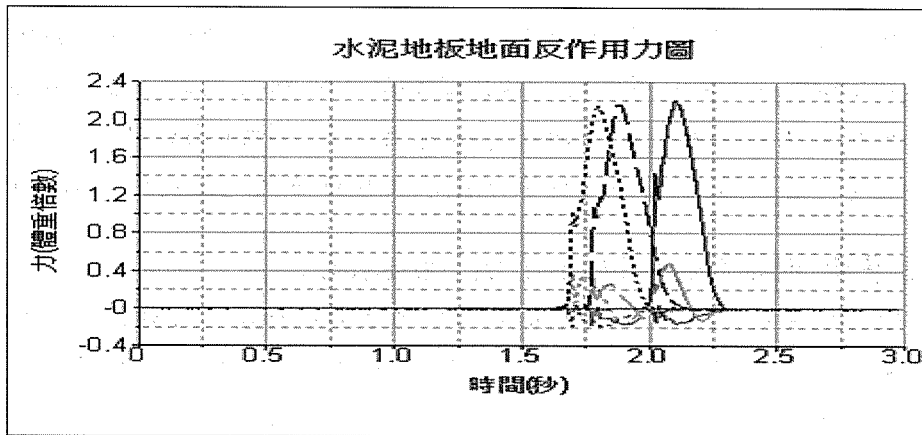


圖3、水泥地板地面反作用力三向分力圖

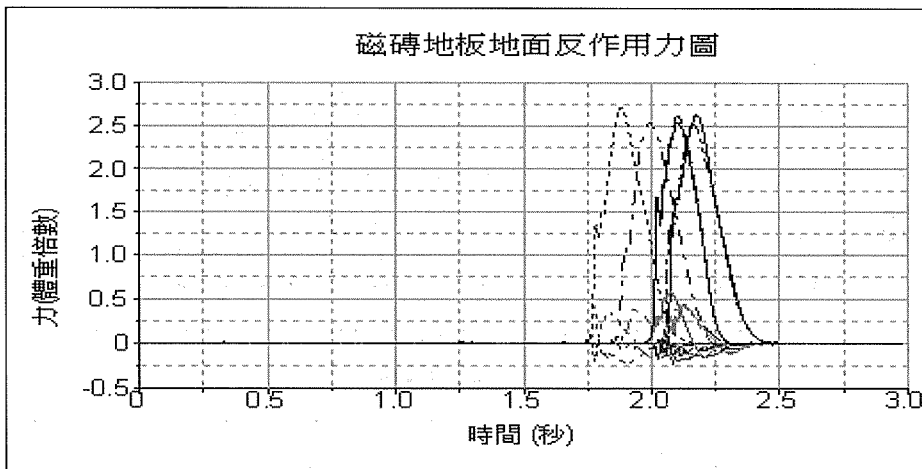


圖4、磁磚地板地面反作用力三向分力圖

四種不同材質地板之地面反作用力三向分力資料，分別經由Kistler Bioware運動生物力學分析軟體 (BioWare™ Data Acquisition for Biomechanics) 進行運算，算出地面反作用之衝量資料，換算成衝量最主要是將所有的分量加以積分，以便更深入及精準的估算反作用力。如圖5、6、7及8是經過換算之衝力時域圖，我們可以從圖中瞭解反作用衝力的狀態，這也是各類材質回復給人體的反作用衝力，大部份由人體下肢所承受，特別是髖關節、膝關節及踝關節承受最大。

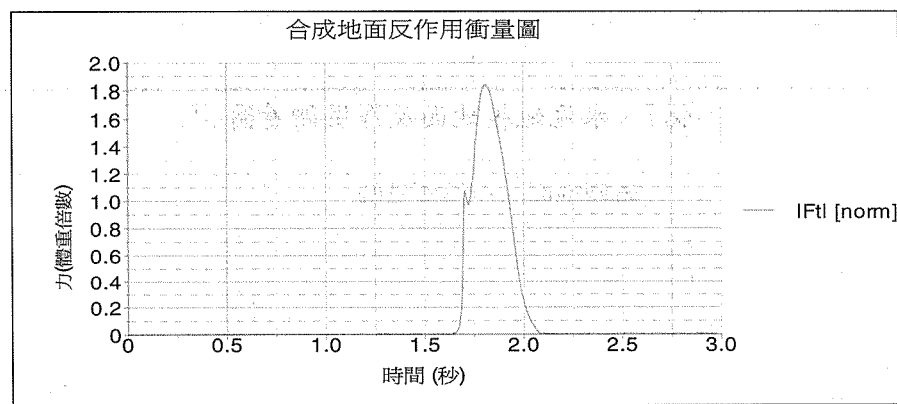


圖5、人工合成材質地板地面反作用衝量圖

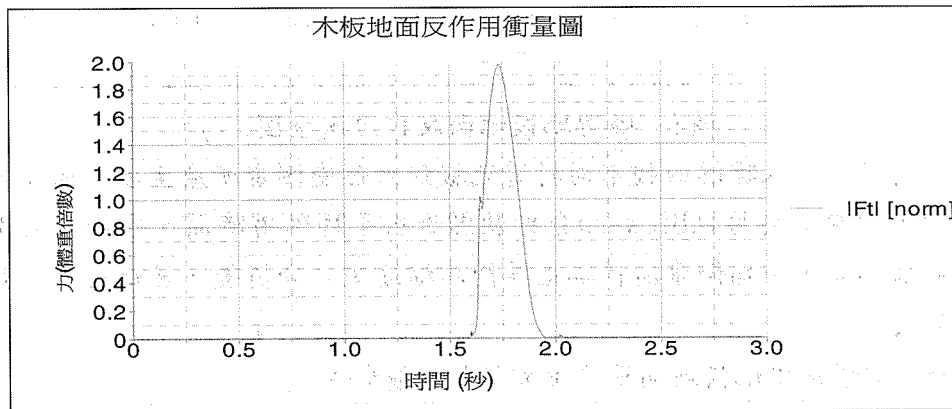


圖6、木質地板地面反作用衝量圖

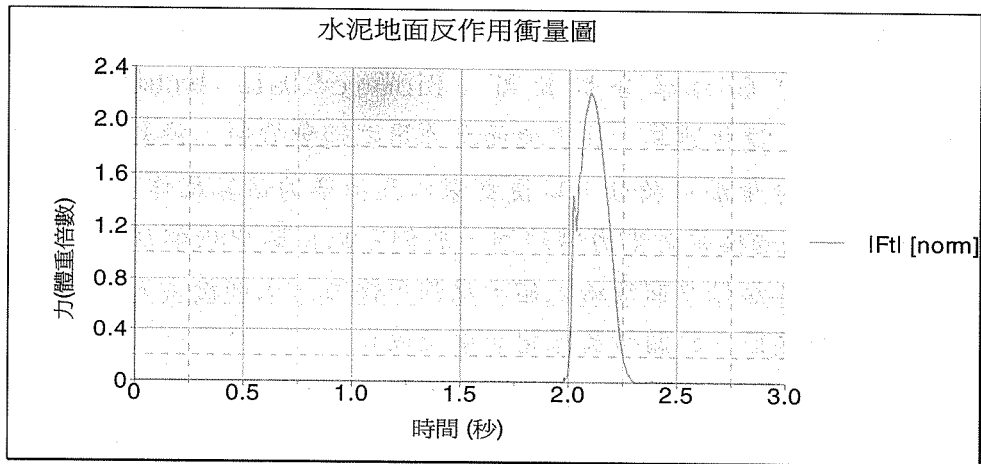


圖7、水泥地板地面反作用衝量圖

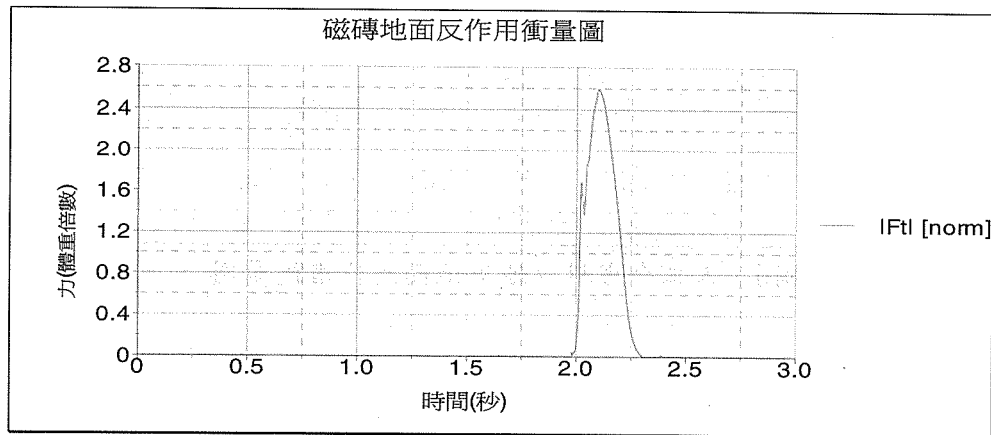


圖8、磁磚地板地面反作用衝量圖

為了更深入瞭解四種不同材質地板對六位受測者所產生之地面反作用衝力，資料需要再以Bioware分析軟體進行平均作用時間、平均最大衝量值與標準差、平均衝量與標準差等簡單描述統計分析後，呈現於表一並討論如後。

表一、四種材質地板地面反作用衝量統計資料表

材質	平均作用時間	平均最大衝量值	標準差	平均衝量	標準差
合成材質	0.440552	1.830865	0.019573	0.886337	0.041048
木板	0.374008	1.962365	0.017641	0.888569	0.021056
水泥	0.347732	2.281096	0.040057	1.059713	0.018486
磁磚	0.337219	2.647879	0.050800	1.282677	0.078679

單位：體重倍數 (BW)

從表一可以發現活動者若於人工合成材質地板上進行活動，必需承受的最大地面反作用衝量為體重之1.831倍左右，平均衝量則為體重0.886倍左右，反作用衝量的總作用時間為約0.441秒；而活動者若於木質地板上進行活動，必需承受的最大三向地面反作用衝量則約為體重之1.962倍左右，平均衝量約為體重0.889倍左右，總作用時間為0.374秒。相對的，活動者若在較硬的水泥材質地板上進行活動，則必需承受的最大地面反作用衝量約為體重之2.281倍左右，平均衝量為體重1.060倍左右，總作用時間約為0.348秒；至於在磁磚材質地板上進行活動，活動者必需承受的最大地面反作用衝量更高達體重之2.648倍左右，平均衝量也有體重的1.283倍左右，總作用時間約為0.337秒。

四種場地材質地面反作用力最大衝量，經再由SAS統計分析軟體進行變異數分析，比較於四種材質地板上活動，地面反作用力最大衝量之差異。統計分析結果四種場地材質地面反作用力最大衝量變異數分析摘要表表列如表二。

表二、四種場地材質地面反作用力最大衝量變異數分析摘要表

來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	概率值
組內	0.008467	5	0.0016934		
組間	2.390343	3	0.7967810	750.28***	0.0001
殘差	0.015930	15	0.0010620		
全體	2.414740	23			

*** $P < .0001$

從表中可以發現，四種不同材質間地面反作用力最大衝量達顯著差異 ($F=750.28$ $P < 0.001$)。

表三、四種場地材質地面反作用力最大衝量事後比較表

組別	樣本數	平均數	合成地板	木質地板	水泥地板	磁磚地板
合成地板	6	1.830865	---	***	***	***
木質地板	6	1.962365		---	***	***
水泥地板	6	2.281096			---	***
磁磚地板	6	2.647879				---

*** $P < .001$

再以杜凱氏 (Tukey) 法進行事後比較 (如表三)，變異數分析比較結果發現磁磚材質地板的最大衝量大於水泥材質地板之最大衝量，水泥材質地板之最大衝量又大於木質地板的最大衝量；而木質地板之最大衝量相對的大於合成材質地板的最大衝量。

另外，從四種場地材質地面反作用力平均衝量變異數分析結果摘要表 (如表四)，亦可發現，四種不同材質間地面反作用力平均衝量達顯著差異 ($F=93.14$ $P<0.001$)。

表四、四種場地材質地面反作用力平均衝量變異數分析摘要表

來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	概率值
組內	0.009363	5	0.0018725		
組間	0.632211	3	0.2107368	93.14***	0.0001
殘差	0.033940	15	0.0022626		
全體	0.675513	23			

*** $P<.0001$

經事後比較發現除了合成材質地板與木質地板之地面反作用力平均衝量沒有顯著差異外，其餘材質地板，包括水泥地板與磁磚地板之地面反作用力平均衝量皆達顯著差異。顯然磁磚地板之地面反作用力平均衝量大於水泥地板，而水泥地板之地面反作用力平均衝量又大於合成材質地板與木質地板之地面反作用力平均衝量。

表五、四種場地材質地面反作用力平均衝量事後比較表

組別	樣本數	平均數	合成地板	木質地板	水泥地板	磁磚地板
合成地板	6	0.886337	---	n. s	***	***
木質地板	6	0.888569		---	***	***
水泥地板	6	1.059713			---	***
磁磚地板	6	1.282677				---

*** $P<.001$

肆、結論與建議 (Conclusion and Suggest)

從前述的研究結果可以發現於學校不同類型活動場地進行活動時對活動者的影響。若於磁磚地板及水泥地板進行各項活動時，活動者每跑一步

其反作用力的衝擊分別是體重的1.06倍及1.28倍。它必須經由人體結構中的踝關節、膝關節、髖關節、腰椎關節及頸關節等關節加以吸收，尤其是髖關節與膝關節承受最直接的衝擊，而腰椎關節及頸關節所受的衝擊亦不小。若從高頻碰撞的觀點，或結構疲勞的觀點而言，其所受的累積傷害是可以預期的。

因此，建議學校活動場地的設置，特別是彈性面層及表面處理面層（即摩擦或抓力面層）應針對活動對象加以考慮。就本研究的觀點而言，當然是以合成地板面層或木質地板面層為佳；除此之外，就彈性層反彈效應的大小及摩擦力層抓力效應的大小而言，尚須依據活動對象及需求加以設置，然而其他對人體內外的影響因素亦是設計上必須考量的重點。

參 考 文 獻

- Alexander, R. McN., and Jayes, A.S. (1980). Fourier analysis of forces exerted in walking and running. *J. Biomechanics* 13, 383-390.
- Bassi, A.C. (1978). Dynamic modulus of rubber by impact and rebound method. *Polymer Eng. Sci.* 18, 750-754.
- Dainis, A. (1980). Whole body and segment center of mass determination from kinematic data. *J. Biomechanics* 13, 647-651.
- Gilman, J.J. (1975, April). Relationship between impact yield stress and indentation hardness. *J. Appl. Phys.* 46.
- Hutchings, I.M. (1979). Energy absorbed by elastic waves during plastic impact. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 12.
- Johnson, G.R. (1976, september). Analysis of elastic-plastic impact involving severe distortion. *Trans. ASME, J. Appl. Mechanics*, pp. 439-444.
- Kolitzus, H.J. (1984). Functional Standards for playing surface. In E.C. Frederick (Eds.). *Sports Shoes and playing surface*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc. 111-117.
- Maybury, M.C. and Waterfield, J. (1997). An investigation into the relation between step height and ground forces in step exercise: A pilot study. *Sports Medicine*, 31, 109-113.
- McMahon, R.A., and Greene, P.R. (1979). The influence of tract compliance on running. *J. Biomechanics* 12, 893-904.
- Meinecke, E.A. (1980, May). *Comparing the time and rate dependent mechanical properties of elastomers*. ACS Rubber Div. 117th Meeting, Las Vegas.
- Nigg, B.M. (1985). Biomechanics load analysis and sports injuries in lower extremities. *Sports Medicine*, 2, 367-379.
- Progelhof, R.C., and Throne, J.L. (1979). Young's modulus of

- uniform density thermoplastic foam. *Polymer Eng. Sci.* 19, 498-499.
- Schwaber, D.M. (1973) . Impact behavior of polymeric foams: A review. *Polymer-Plast. Technol. Eng.* 2, 231-249.
- Sharma, M.G. (1972) . Dynamic behavior of rubber. *The vibration and acoustics measurement handbook* (M.P. Blake and W.S. Mitchell, eds.). Spartan Books.
- Small, C.F. (1980) . Mechanical compliance evaluation of clinical support surfaces. *J. Biomechanics* 13, 315-322.
- Van Ingen Schenau, G.J. (1980) . Some fundamental aspects of biomechanics of overground versus treadmill locomotion. *Med. & Sci. in Sports and Exercise* 12, 257-261.
- Wu, L.M., Meinecke, W.A., and Tsai, B.C. (1977, October) . *Prediction of creep behavior from stress relaxation data for nonlinearly viscoelastic materials*. ACS Rubber Div. Meeting, Cleveland.