

國中、小操場面層使用檢討報告

教育部體育署

中華民國一〇二年五月二十三日

目錄

壹、紅土跑道	1
一、紅土跑道之材質概述	1
二、紅土跑道之特性與保養維護方式	2
(一) 風吹易造成塵土飛揚	2
(二) 排水不善造成積水	5
(三) 積水區域苔蘚(青苔)之處理	9
(四) 雜草滋生問題之處理	10
(五) 紅土跑道鬆動及平整之問題	13
貳、PU 跑道	17
一、PU 跑道之材質概述	17
二、PU 跑道之特性與保養維護方式	19
(一) 中毒事件之預防	19
(二) PU 跑道隆起之預防	21
(三) PU 跑道積水區域苔蘚(青苔)之處理	25
(四) 跑道顆粒磨平之處理	26
(五) PU 跑道平日之保養維護	28
參、人工草跑道	30
一、人工草跑道之材料	30
二、人工草之特性與保養維護方式	31
(一) 人工草跑道積水長苔蘚	31
(二) 人工草跑道草莖斷裂之問題	32
(三) 人工草跑道填充物之堵塞排水路徑問題	33
(四) 人工草跑道收縮拉開破裂之問題	34
肆、合成橡膠跑道	35
一、合成橡膠跑道之施工	35
二、合成橡膠跑道之保養維護	37
伍、結論與建議	38
參考文獻	41

國中、小操場面層使用檢討報告

目前國中、小操場面層常見之材質可分為紅土(或稱紅磚粉)、PU(或稱聚氨酯跑道)、PP 或 PE(或稱人工草)及合成橡膠等，各種不同面層材質之特性、使用後常見之問題，及維護管理方式分述如下：

壹、紅土跑道

台灣紅土跑道之主要成分為紅磚粉粒，具有透水性佳、環保、造價低廉等優點。紅土跑道之材質太鬆、太軟、太硬皆不好，紅土太鬆快跑時易打滑並導致腳部著地後過度旋前，而造成跟腱受到過度的拉扯；紅土太硬，則毫無吸震力導致運動傷害，故保持紅土跑道適當的鬆緊度相當重要，全有賴於平日之保養維護是否紮實。且因紅土對於釘鞋之抗拉拔能力差，較無法訓練穿釘鞋選手之瞬間爆發力，故對於設有田徑隊之學校而言，較不適合。

一、紅土跑道之材質概述

日本學校操場之材質主要是以火山泥及沙等兩種材料拌合而成，因火山泥及沙之比重較重(經費較多之學校採用金鋼砂、經費較

短缺之學校則採一般的河沙或海沙)，故較不會受風吹之影響而造成塵土飛揚。與日本校園之灰土操場不同，因材料取得便利、就地取材方便及取得成本便宜之考量，台灣紅土跑道材質之主要成分則為質輕易受風吹飛揚之紅磚粉，因此紅土跑道之保養維護就非常重要。

二、紅土跑道之特性與保養維護方式

根據 97 年「台灣沿海地區中小學學校操場紅土跑道現況之分析調查」報告所述，學校紅土跑道普遍存在「風吹易造成塵土飛揚」、「易滋生雜草」、「平整度不佳」、「雨天易積水（泥濘易滑倒造成學生受傷）」、「排水不良易生青苔並造成打滑及孳生小黑蚊」，紅土流失產生坑洞（易造成學生腳踝扭傷）」等現象，其現象及保養維護之要點分述如下：

（一）風吹易造成塵土飛揚

台灣紅土跑道之主要成分為紅磚粉粒，紅磚粉粒為磚塊搗碎之顆粒或粉末。粒徑較大之紅磚粒較重，較不易受風吹而飛揚，但因粒徑大之紅磚粒往往具很多粗糙尖銳之角，若選擇粗顆粒之紅磚粒鋪設跑道，一旦孩童跌倒時，往往造成孩童嚴重之破皮及擦傷，故學校選擇紅磚粉粒時，最好選擇研磨較細之紅磚細粉，惟紅磚細粉因質輕，經風吹後往往造成紅磚粉塵土飛揚造成上課不便，及周邊校舍清掃費

工。

圖一 紅磚粉塵土飛揚之情況



資料來源：南投縣仁愛鄉親愛國小萬大分校運動場整建計畫網頁

圖二 紅磚粉跑道活動塵土飛揚之情況



資料來源：公園國小網頁

有鑑於紅土跑道經常發生上述塵土飛揚之現象，紅土跑道平日之保養維護需注意於每日上、下學與上課前，分別視跑道之乾燥狀況判別是否進行灑水，以灑水抑制風沙塵土飛揚。傳統之紅土跑道鮮少設置噴灌系統，若要避免塵土飛揚之情況，學校可設置雨水回收之儲水

槽及自動噴灌系統(或以人工方式進行噴灑),並須於經常門中提撥水費(即使設有雨水回收池,但多半時間雨水蓄水量不足時仍需以自來水或抽取地下水支應)及電費以支應平日噴灑之作業。

圖三 紅磚粉跑道之自動噴灌系統



資料來源:二橋國小 97 學年度推動成效網頁、宜蘭縣三星國小環境教育成果網

(二) 排水不善造成積水

不像一般公園或景觀用之草皮或泥土地僅偶爾供人踐踏使用,學校之紅土跑道需常常提供學校做為體育課程使用,其使用頻率頻繁,有時每天都有體育課需進行,或甚而一天多場體育課使用,故學校之紅土跑道需在最短時間內盡速將水排乾,以利體育課之進行。紅

土跑道之排水方式共可分為表面洩水及滲入式排水等兩種方式，表面洩水功能之良莠有賴於紅土操場表面之洩水坡度是否完善、紅土操場表面之平整度是否良好(有無低窪不平處而使積水無法流至跑道邊之排水溝)，而滲入式排水之良莠有賴於紅土操場是否已經土壤硬化使其透水率低、紅土操場底層是否設有排水暗管以利快速排水。

圖四 紅磚粉跑道之積水



資料來源: Rick 峰 in 淡水(2006)。真理大學牛津學堂部落格

紅土跑道排水不善之原因可能為表面洩水不利，有些傳統之紅土跑道興設時根本無設置任何內圈排水溝、或即使已設置內圈排水溝，但紅土跑道內區域之高程較低(可能因紅土長期流失無補充紅土而造成紅土跑道內區域較為低窪)，改善之方式為設置內圈排水溝、補充紅土並拖平滾壓，以將洩水坡度重新補正。

圖五 雖有設置內圈排水溝，但因紅土跑道較為低窪而無法採用洩水



圖六 跑道低窪處需以紅磚粉補平(需準備紅磚粉)



圖七 紅土跑道若無設置任何內圈排水溝，將無法採用洩水方式排水



紅土跑道排水不善之另一個原因為無法滲入排水，故若紅土操場底層並無設有排水暗管，則需檢討重新設置下層排水暗管之可能性，或配置吸水機、吸水海綿或採用陶瓷土吸除多餘之積水，若紅土跑道已有土壤硬化之現象，則需透過土壤打洞或清除硬如石頭之土層並重新置換新的紅磚粉，以讓滲入排水功能能夠正常。

圖八 可採吸水機、吸水海綿或鋪灑陶瓷土將跑道多餘之積水吸除



(三) 積水區域苔蘚(青苔)之處理

紅土跑道排水長期不善之後果為青苔開始生長並附著於紅土表面，不但造成紅土跑道容易打滑，亦會孳生小黑蚊(青苔為小黑蚊之食物)，去除青苔最好之方式是將有青苔區域表面紅土(紅磚粉)挖除並置換為新的紅磚粉，並全面灑上粗鹽以讓青苔死亡(粗鹽對於抑制雜草之生長亦有些許功效)。但若紅土跑道之排水問題未能改善，即使局部青苔解決，新的積水處將可能會長出青苔。

圖九 紅土跑道表面生長青苔



圖十 紅土跑道全面灑上粗鹽以讓青苔死亡



(四) 雜草滋生問題之處裡

紅土跑道需常常檢視是否有雜草滋生，若有雜草滋生之情況(特別是寒暑假或連假或大雨過後)，則須加以「連根」拔除。

圖十一 紅土跑道之雜草滋生問題



圖十二 紅土跑道之雜草拔除(可請義工或工友協助)



圖十三 動員學生拔除紅土跑道上之雜草



資料來源：台東縣朗島國民小學教學成果網站

圖十四 跑道上雜草拔除後，全面灑上粗鹽以抑制雜草生長



(五) 紅土跑道鬆動及平整之問題

因紅土跑道之紅磚粉容易因風吹或下雨而流失，且紅磚粉亦會因踩踏而移位，故紅土跑道往往會出現表面鬆動及不平整之情況。當紅土跑道表面鬆動時，將影響跑步之進行，不但跑步時較無摩擦力(跑不快)、快跑時容易跌倒，若地坪不平整時，亦容易發生腳踝扭傷之運動傷害，故需時時檢視紅土跑道之密實及平整情況，適時加以經常補充紅土。跑道須定期以釘耙將高起凸出之表面刮鬆、拖掃(以鐵網及掃帚托平)、滾壓，以維護紅土跑道之扎實乾淨與平整度等。此外為恐紅磚粉中夾雜有小石頭而造成跌倒時之傷害，故亦需時常檢視並撿拾紅土中之細小石塊及尖銳之紅磚塊。

圖十五 紅土跑道表面鬆動及不平整



圖十六 以釘耙將紅土跑道表面高起凸出處刮鬆



圖十七 以鐵網及掃帚托平紅土跑道表面(一)



資料來源：花蓮縣鳳信國民小學校園綠美化網頁

圖十八 以鐵網及掃帚托平紅土跑道表面(二)



圖十九 滾壓表面鬆動之紅土跑道



資料來源：2013 臺東縣健康促進學校網路社群入口網站

圖二十 撿拾紅土中之細小石塊及尖銳之紅磚塊(一)



資料來源：台東縣朗島國民小學教學成果網站

圖二十一 撿拾紅土中之細小石塊及尖銳之紅磚塊



資料來源：台東縣朗島國民小學教學成果網站

貳、PU 跑道

PU 跑道，或稱為聚氨酯跑道，因其排水快速，下雨後能迅速排水，故又可稱為全天候跑道，又因 PU 跑道能耐釘鞋之拉拔，及該彈性材料具吸震力、彈性佳，回復率高，故能降低田徑選手培訓時之運動傷害，且下雨後吸乾水氣即可使用，故我國目前學校田徑跑道中以 PU 跑道數量最多。

一、PU 跑道之材質概述

PU 跑道主要之材料為 PU 膠(聚氨酯)及橡膠顆粒。PU 跑道的形式有很多種(例如：空隙式 PU 跑道、複合式 PU 跑道、透氣式 PU 跑道、傳統式或密閉型 PU 跑道…等)，但所有的 PU 跑道皆是以「橡膠顆粒」及「PU 樹脂(或稱 PU 膠)」作為主要原料。

PU 跑道所採用的「橡膠顆粒」依品質之優劣與價格之高低排序可區分為 EPDM 橡膠顆粒(最貴、無毒、紅色最常見)、SBR 橡膠顆粒(黑色)、廢輪胎橡膠顆粒(由老化之廢輪胎打碎而成，黑色)、及回收之 PU 顆粒(由舊有拋除的 PU 跑道打碎再利用，含柏油、灰塵、廢輪胎顆粒等)。廢輪胎橡膠顆粒及回收之 PU 顆粒在太陽的照射下是否會釋放戴奧辛等有毒物質一直存在很大的爭議，故若能多採用無毒無害的 EPDM 橡膠顆粒及 SBR 橡膠顆粒，減少採用廢輪胎橡膠顆粒及回收之 PU 顆粒，將可減少 PU 跑道中毒之疑慮。唯因 PU 跑道市場高度競爭之緣故，目前國內之 PU 跑道施作市場行情無法完全採用無毒

無害的 EPDM 橡膠顆粒及 SBR 橡膠顆粒，故本部將訂定相關規範，規定跑道面層上層 4mm 厚耐磨層禁止使用廢輪胎顆粒或回收之 PU 面層作為跑道面層上層之材質。

最常見、最便宜的「PU 樹脂」溶劑成分為甲苯二異氰酸酯(又稱 TDI)，TDI 是最重要的異氰酸酯類產品，也是生產聚氨酯材料的重要基礎化工材料，主要用於製造聚氨酯油漆和聚氨酯塗料的固化劑，其氣味嗅起來與甲苯相似。TDI 可以引起職業性氣喘及過敏性肺炎等(國立成功大學，2007，二異氰酸甲苯之暴露與生物指標關係之探討)。另一種「PU 樹脂」溶劑成分為二苯基甲烷二異氰酸酯(MDI)，該原料常溫不會產生蒸氣壓、無氣無味、閃火點高、安全性良好但價格較貴。若 PU 跑道採用甲苯二異氰酸酯(TDI)之原料，施作時將大量釋放出有毒氣體，導致學校師生中毒，故本部將核定補助 PU 跑道計畫時，附帶規定跑道面層鋪設時採用之 PU 黏著劑與拌合劑，禁止使用含有巨毒成分之甲苯二異氰酸酯(TDI)原料，改採二苯基甲烷二異氰酸酯(MDI)之原料，施作廠商必須事先提送 PU 黏著劑與拌合劑規範及出廠證明送業主代表審核，並於 PU 黏著劑與拌合劑材料進場黏貼前，先經業主代表確認非甲苯二異氰酸酯(TDI)原料後，方可進行後續之面層黏貼工作。

二、PU 跑道之特性與保養維護方式

(一) 中毒事件之預防

為減少學校師生因 PU 跑道施作而中毒，故須於設計階段就嚴禁 PU 跑道採用不當之原料(禁用甲苯二異氰酸酯 TDI，改用二苯基甲烷二異氰酸酯 MDI)、並於施工監造時嚴加控管 PU 跑道所採用的材料規格(進行材料查核與管控，施工前須先確認進場材料無誤後，方准其施作)，並盡量於寒、暑假非上課時段進行操場整修。

圖二十二 PU 膠進場施作前時，需先確認是否為 MDI 成分



資料來源:嘉義縣同仁國小環境教育網

圖二十三 由 PU 膠進場之兩種原料中取樣送實驗室測試



圖二十四 於PU膠取樣罐上簽名，再送實驗室測試



(二) PU 跑道隆起之預防

在各類型之 PU 跑道中，除透氣式 PU 跑道外雨水可直接滲入 PU 底層、水氣由下層柏油基礎蒸發並透過跑道孔隙排出外面(但透氣式 PU 跑道之壽命短、不耐釘鞋之拉拔)，其餘類型之 PU 跑道皆須於 PU 底層施作完畢後進行妥善完整之封層(含空隙式 PU 跑道、複合式 PU 跑道、傳統式或密閉型 PU 跑道等)，再鋪灑上層之橡膠顆粒，以避免水氣進入柏油基礎無法蒸發而造成跑道隆起。

圖二十五 PU 底層鋪設(黑色橡膠顆粒混拌黏著劑)



資料來源:嘉義縣同仁國小環境教育網

圖二十六 PU 底層施作完畢後須以 PU 膠(紅色)進行完整之封層



資料來源:嘉義縣同仁國小環境教育網

圖二十七 PU 底層封層完畢



資料來源:嘉義縣同仁國小環境教育網

圖二十八 底層封層完畢，再上層 PU 膠以利上層顆粒之黏著



資料來源:嘉義縣同仁國小環境教育網

圖二十九 鋪灑上層橡膠顆粒

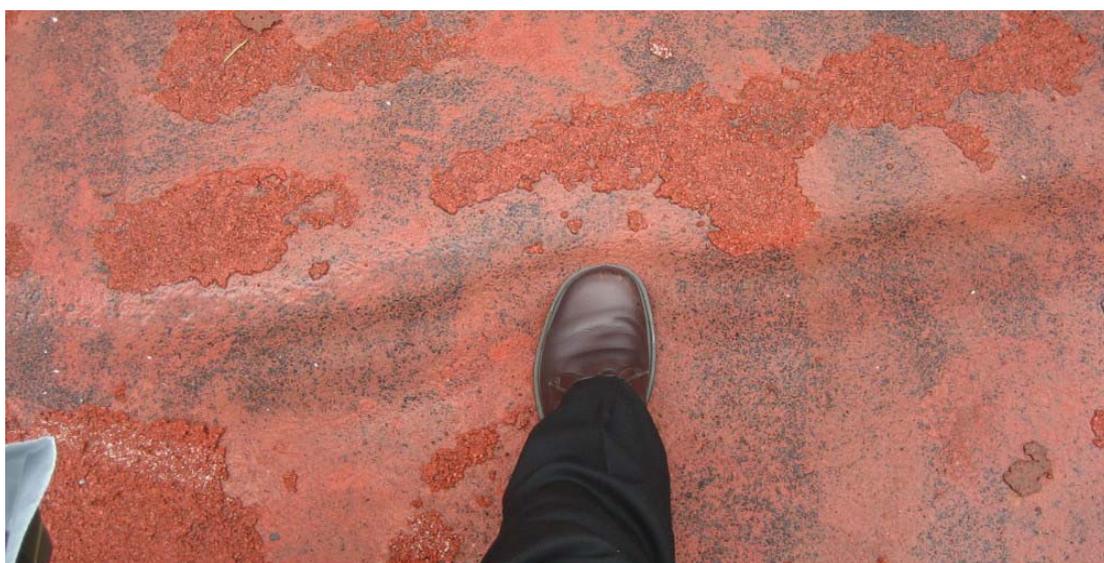


資料來源:嘉義縣同仁國小環境教育網

若封層不良導致水氣進入柏油基礎與面層間時，氣溫升高時，水

分轉變為水蒸氣壓，因無法洩壓而造成跑道隆起。為避免跑道隆起造成孩童跌倒，須先行將隆起部分之PU割開，讓水蒸氣壓釋放，再另行割除隆起部分之跑道面層後，重新修補面層。

圖三十 PU面層因水蒸氣壓無法洩壓而造成PU隆起



圖三十一 割開隆起部分之PU面層，讓水蒸氣壓釋放



(三) PU跑道積水區域苔蘚(青苔)之處理

PU 跑道若施作不良，無管控好平整度，將造成局部凹陷積水之情況，積水處會造成灰沙淤積而長苔蘚，造成 PU 跑道容易打滑。

圖三十二 PU 跑道平整度不佳而積水區域長苔蘚



圖三十三 PU 跑道積水區域長苔蘚



PU 跑道之平整度須於施工時及管控好，並於驗收時於跑道表面

灑水試水，以檢視跑道低窪處積水之情況，若施作品質之平整度未達標準，須要求廠商進行改善否則不予驗收通過。只要 PU 跑道施工過程管控好，就會降低跑道積水長苔蘚之機率。

圖三十四 PU 跑道完工後須灑水以檢驗平整度



(四) 跑道顆粒磨平之處理

PU 跑道上層之橡膠顆粒一旦掉光磨平，只剩下 PU 膠時，遇水將十分滑(遇水則滑是 PU 之特性)，故若上層之橡膠顆粒一旦掉光磨平，需立即進行上層橡膠顆粒之補修，再塗佈一層 PU 膠後，鋪灑上層之橡膠顆粒即大功告成。

圖三十五 PU 跑道上層之橡膠顆粒磨平掉光



因 PU 跑道上層之橡膠顆粒會因高度使用而剝落，故需於一段時間即將剝落之橡膠顆粒清除，以免鬆脫之顆粒造成跑道之打滑。

圖三十六 PU 跑道上層之橡膠顆粒剝落需定期清除



(五) PU 跑道平日之保養維護

為了讓 PU 跑道維持良好之性能，並避免積水打滑，PU 跑道最好配置吸水機(任何材質之跑道最好都配置吸水機)，並於開始使用 1-2 年以高壓水柱清洗跑道，並嚴禁高跟鞋及重機械車輛進入跑道，以免尖銳處刺穿跑道，或機械漏油而污染跑道難以清洗。若因跑道多用途而使車輛不得不進入場內，則需於車輛經過處先行鋪設夾板或鋼板，以保護 PU 跑道。

圖三十七 PU 跑道最好配置吸水機



圖三十八 車輛經過處先行鋪設夾板或鋼板，以保護 PU 跑道



參、人工草跑道

人工草跑道係以 PP 或 PE 纖維編織而成毯狀之草皮鋪設於田徑跑道上，輔以鋪沙後便完成。現今人工草皮在國際上已越來越被曲棍球場及足球場所接受，但鋪設於曲棍球場及足球場之人工草皮皆為長草(長通常為 6cm 以上)，且草莖間之填充物為橡膠顆粒(上層)及細沙(下層)，以增加人工草皮之吸震力。但國內常見之人工草街為短草(通常僅為 1-2cm 長)，而只好於草莖間填充細沙。

一、人工草跑道之材料

人工草跑道缺釘鞋抓地力，安全性不佳，故不適用於設有田徑隊之學校。因人工草跑道係以 PP 或 PE 纖維編織而成毯狀，而 PP 或 PE 為塑膠製品，在太陽照射下容易變硬變鋒利(室外容易因材質吸熱而產生高溫)，故若孩童跌倒時，恐有皮膚割傷之疑慮，故國外採用人工草之球場皆會設置灑水系統，以軟化人工草並避免運動員跌倒割傷，惟國內之人工草跑道鮮少配置灑水器。人工草跑道具有場地整潔美觀維護方便之優點，適合使用在一般休閒娛樂用途之跑道。

圖三十九 倫敦奧運人工草曲棍球場在賽前灑水軟化草皮



二、人工草之特性與保養維護方式

(一) 人工草跑道積水長苔癬

雖人工草跑道具有滲入排水之特性，但雨水一旦由人工草跑道滲入下層之柏油表面時，就只能靠柏油之洩水坡度進行洩水排水，若柏油施工時之平整度控制不當，就容易導致局部凹陷積水之狀況，長年累月之積水下，人工草皮恐生長苔癬，造成人工草跑道容易打滑傷。為避免人工草皮積水長苔癬，須於施工階段即做好底層基礎之平整度及洩水坡度。對於已完工但平整度差之人工草跑道，只好用設置吸水機之方式來加以補強。

圖四十 人工草跑道建議設置吸水機



(二) 人工草跑道草莖斷裂之問題

人工草跑道在長期跑跳摩擦之狀況下，容易產生草莖斷裂，而這些斷裂之草莖因皆為人造塑膠製品，故不會自動分解，而往往容易造成排水路徑之堵塞，故需時常清理斷裂之草莖。

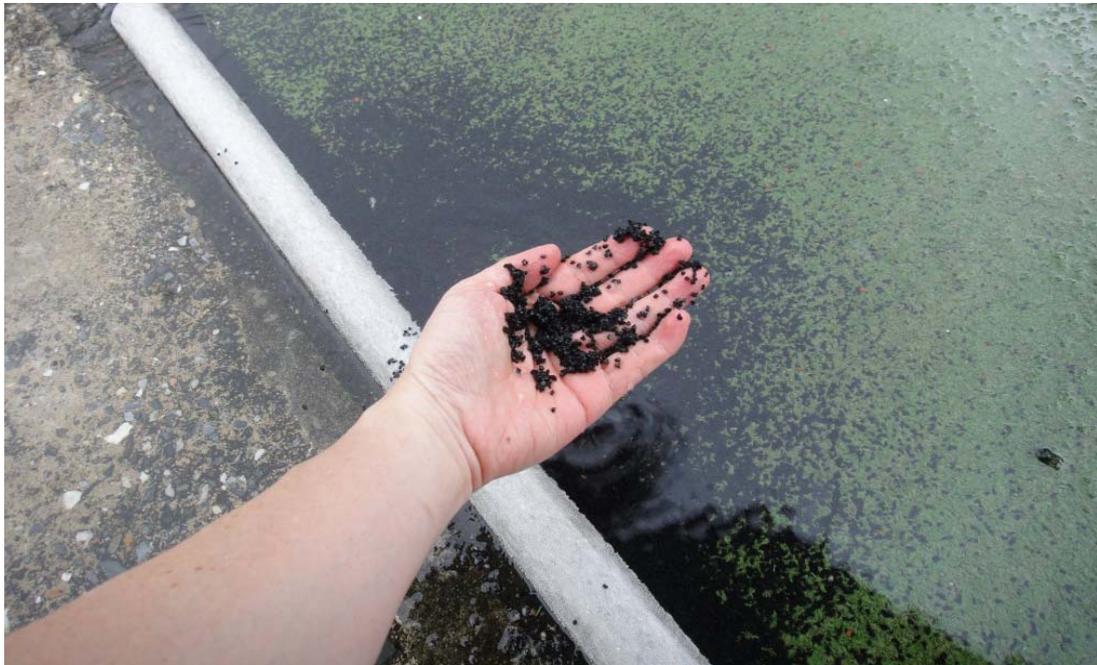
圖四十一 斷裂之草莖容易造成人工草跑道排水路徑之堵塞



(三) 人工草跑道填充物之堵塞排水路徑問題

人工草跑道在長期跑跳摩擦之狀況下，容易產生填充之沙子或橡膠顆粒移動而造成排水路徑之堵塞，故需時常清理並補充填充之沙子或橡膠顆粒。

圖四十二 人工草跑道填充物之堵塞排水路徑



人工草跑道草叢中之鋪沙或橡膠顆粒往往會因為跑步擠壓或雨水沖積而流失或不平，故需不平時則需鋪沙或補沙（最好採用專業之鋪沙機及掃平機，先將橫倒的人工草莖刷立，方能在站立的人工草莖間有效的鋪沙，否則僅用人工難以管控鋪沙量與平整度）。

圖四十三 人工草跑道專用之鋪沙機及掃平機



(四) 人工草跑道收縮拉開破裂之問題

人工草跑道施工時因採一卷一捲黏貼上去，故人工草跑道往往會因為運動員跑步之受力而些許移動，或因氣溫變動而收縮拉開，而產生破裂人工草跑道之狀況，發生此狀況時須洽請施作廠商前來重新填貼補強。

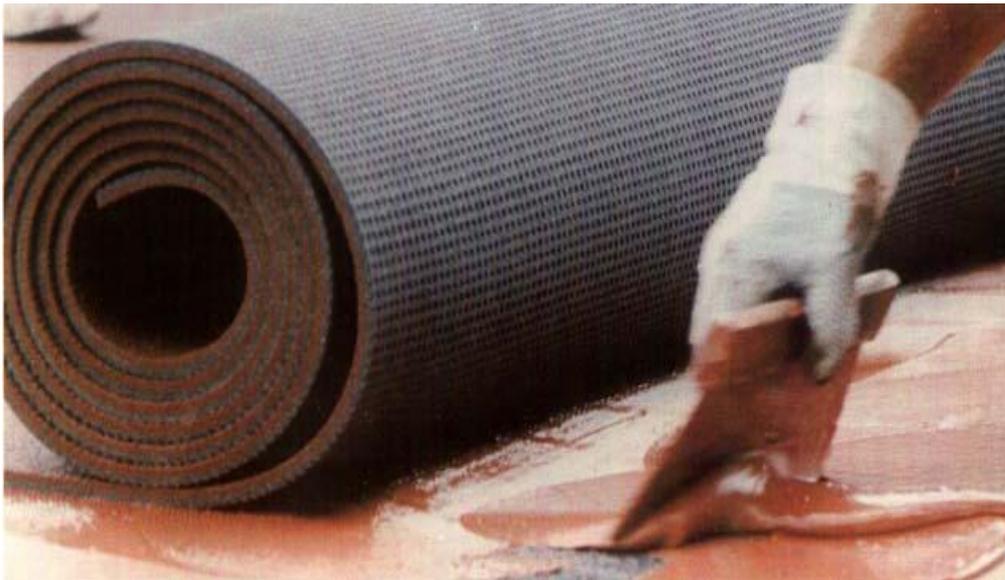
圖四十四 人工草跑道收縮拉開破裂



肆、 合成橡膠跑道

合成橡膠跑道為在工廠內生產之構造物，以天然橡膠原料為基礎，混合礦物質填充劑穩定劑及色料於工廠內連續壓延處理，並以高溫加硫硬化，故上層耐磨層之橡膠與跑道整體面層一體成形，具極佳之抗釘鞋性、安全性及效果，故現今連續幾屆之奧運會皆採用合成橡膠跑道，惟合成橡膠跑道造價較高。

圖四十五 合成橡膠上層耐磨層之橡膠與跑道整體面層一體成形



一、 合成橡膠跑道之施工

合成橡膠跑道係將天然橡膠經硫化處理壓鑄製成，為毯狀、厚度均勻、一體成形、直接於工廠製造完成之運動面層，經送達工地在現場黏貼後便大功告成，此種面層之優點為可於工廠內精準控制生產之

品質，出廠之貨品厚度均勻，故其物理性質非常穩定，在工地施工時無法偷工減料，故其價格最貴。

合成橡膠跑道本身之主要原料為天然橡膠，故不會產生有毒氣體，黏貼合成橡膠跑道之黏劑通常為超高強度的 PU 膠，但由於環保無污染為合成橡膠跑道之重要銷售訴求點，故通常合成橡膠跑道施作廠商都不會採用最便宜、含有巨毒之 PU 黏著劑與拌合劑。話雖如此，或許仍會有不肖廠商因削價競爭而採用最便宜、含有巨毒之 PU 黏著劑與拌合劑，故本部將規定跑道面層鋪設時採用之 PU 黏著劑與拌合劑，禁止使用含有巨毒成分之甲苯二異氰酸酯（TDI）原料，改需採二苯基甲烷二異氰酸酯（MDI）之原料，施作廠商必須事先提送 PU 黏著劑與拌合劑規範及出廠證明送業主代表審核，並於 PU 黏著劑與拌合劑材料進場黏貼前，先經業主代表確認非甲苯二異氰酸酯（TDI）原料後，方可進行後續之面層黏貼工作。

因合成橡膠跑道厚度均勻，故下層基礎之坡度及平整度之管控便非常重要，若下層的柏油之洩水坡度及平整度沒做好，合成橡膠因其出廠時厚度均勻，故無法再行調整厚度及坡度，故合成橡膠面層之完成面將完全反映下層的柏油之洩水坡度及平整度。

二、合成橡膠跑道之保養維護

因合成橡膠跑道為毯狀、厚度均勻、一體成形、直接於工廠製造完成之運動面層，故上層耐磨層之橡膠不易剝落（僅會再使用數年後磨平），故不需刻意的保養維護（維護成本最低），僅需定期清洗去除表面之淤積塵土即可，其保養維護上僅需注重吸水及清洗即可（與 PU 跑道相同）。

伍、結論與建議

綜整前述各類型跑道材質之說明，各類型之跑道各有其不同的優劣點，可分別由「教育性」、「影響孩童生理(免於運動受傷及中毒)」，及「經濟性」等三大構面加以衡量並取捨，分析如下：

表一 不同跑道材質特性之差異分析比較表

特性		合成橡膠跑道	PU 跑道	紅土跑道	人工草跑道 (PP/PE)
教育性	材質之透水性	不透水	大多數之PU皆不透水(除透氣式PU外，但透氣式PU壽命較短)	透水(最佳)	上層透水(人工草本身透水)、下層視情況而定(若為柏油基礎或水泥基礎則不透水，若為原土才透水)
	環保生態性	次好	較差	最好	較差
	教育多元規劃	差(僅做體育用途)	差(僅做體育用途)	佳，可融合體育、環境保育教學(透水性VS都市氣候)，與勞動服務(除草、撿石頭)	差(僅做體育用途)
	和普及化運動結合	可	可	可	可

表一 不同跑道材質特性之差異分析比較表

(續上表)

特性	合成橡膠跑道	PU 跑道	紅土跑道	人工草跑道 (PP/PE)	
影響孩童生理(免於運動受傷及中毒)	吸震力	佳，可做為長期選手訓練或競賽用，亦適合慢跑用	佳，可做為長期選手訓練或競賽用，亦適合慢跑用	僅適合慢跑(吸震力需視草叢中沙或橡膠顆粒厚度或人工草下方之吸震泡棉而定)，不適合選手訓練或競賽用途(不抗釘鞋)	
	摩擦力	最佳	下雨天視保養情況而定(若PU表面橡膠顆粒剝落磨平時則遇水則滑)，晴天還好	下雨天濕滑，晴天還好	
	平整度	佳	佳	最差(除非經常維護，否則紅土易流失走位而不平)	較差(除非經常維護，否則草叢中沙或橡膠顆粒易走位而不平)
	中毒機率	天然橡膠無毒，黏著劑選擇採用MDI中毒機率低(若採TDI方較會中毒)	PU膠選擇TDI則中毒機率高(建議採用MDI)，橡膠顆粒選用EPDM就無毒(不要使用廢輪胎及回收之PU顆粒)	低(無毒)	黏著劑選擇採用MDI中毒機率低(若採TDI方較會中毒)

表一 不同跑道材質特性之差異分析比較表

(續上表)

特性		合成橡膠跑道	PU 跑道	紅土跑道	人工草跑道 (PP/PE)
經濟性	抗拉強度(耐釘鞋性)	最佳	次佳	差(無抗釘鞋之拉拔作用)	差(無抗釘鞋之拉拔作用)
	造價	最貴	第二貴	最便宜	第三貴
	雨後恢復可使用狀態之速度	很快	很快	最慢	較慢
	維護成本	最低	低	最高	高

因各類型跑道各有其適用條件與適用範圍，並無絕對好與絕對不得使用之跑道材質，各學校可依據前述「不同跑道材質特性之差異分析比較表」之分析內容，衡量學校之「體育教學與訓練需求」、「施工安全性與管控機制」，及「保養維護的執行能力」後，因地制宜選用最適合該校發展的跑道材質。本部亦同時將委託專家學者，訂定材料規範、施工及檢驗規範，供各級學校於設計跑道及後續監工時使用，並將擬定學校申請跑道檢核程序表，讓學校能充分評估學校需求、保養維護條件後，決定使用何種跑道面層後，再行向本部提出申請。相關跑道材質資訊亦將公佈於本部體育署網站，供各直轄市、縣市政府於補助各該學校時參採使用。

參考文獻：

二橋國小(2008)，97 學年度推動成效，引述自

<http://163.20.55.195/dyna/menu/main.php?id=1560>

南投縣仁愛鄉親愛國小萬大分校(2010)。運動場整建計畫網頁。引述自

http://163.22.139.129/wandaepa/_10.html

花蓮縣鳳信國民小學校(2012)。花蓮縣鳳信國民小學校園綠美化-101 學年度上學期 9 月校園維護工作-紅土跑道灑粗鹽。引述自

http://www.fsips.hlc.edu.tw/news/u_news_v2.asp?id=%7B265A282C-8100-401C-BB06-D9B35A2EB773%7D&newsid=749&PageNo=1&skeyword=

花蓮縣鳳信國民小學校(2012)。花蓮縣鳳信國民小學校園綠美化-101 學年度上學期 10 月校園清潔工作-紅土跑道雜草工作。引述自

http://www.fsips.hlc.edu.tw/news/u_news_v2.asp?id={265A282C-8100-401C-BB06-D9B35A2EB773}&newsid=786&PageNo=1&skeyword=

花蓮縣鳳信國民小學校(2012)。花蓮縣鳳信國民小學校園綠美化-100 學年度上學期 12 月校園美綠化-紅土跑道鬆土 01。引述自

http://www.fsips.hlc.edu.tw/news/u_news_v2.asp?id={265A282C-8100-401C-BB06-D9B35A2EB773}&newsid=471&PageNo=2&skeyword=

花蓮縣鳳信國民小學校(2011)。花蓮縣鳳信國民小學校園綠美化-99 學年度下學期 5 月校園美綠化-紅土跑道鬆土 01。引述自

http://www.fsips.hlc.edu.tw/news/u_news_v2.asp?id={265A282C-8100-401C-BB06-D9B35A2EB773}&newsid=389&PageNo=3&skeyword=

花蓮縣鳳信國民小學校(2011)。花蓮縣鳳信國民小學校園綠美化-99 學年度下學期 5 月校園美綠化-紅土跑道鬆土 02。引述自

http://www.fsips.hlc.edu.tw/news/u_news_v2.asp?id={265A282C-8100-401C-BB06-D9B35A2EB773}&newsid=390&PageNo=3&skeyword=

宜蘭縣三星國小(2013)。5.1 規劃水循環再利用設施。宜蘭縣三星國小環境教育成果網。引述自

<http://blog.ilc.edu.tw/blog/blog/6528/post/22177/233966>

Rick 峰 in 淡水(2006)。真理大學牛津學堂部落格。引述自

<http://luchifeng1978.pixnet.net/blog/post/33777523-%E7%9C%9F%E7%90%86%E5%A4%A7%E5%AD%B8%E7%89%9B%E6%B4%A5%E5%AD%B8%E5%A0%82>

臺東縣健康促進學校網路社群入口網站(2013)。操場跑道維護施工。引述自

http://team.boe.ttct.edu.tw/ttchps/paper_print.asp?id=5850

臺東縣朗島國民小學(2013)。台東縣朗島國民小學教學成果。引述自

http://210.240.145.196/classpage2/mod_class_action/class_action_show.php?id=3997