

廢輪胎應用於公路填方

計畫主持人：黃安斌

協同主持人：謝啓萬、周南山

黃安斌

前言

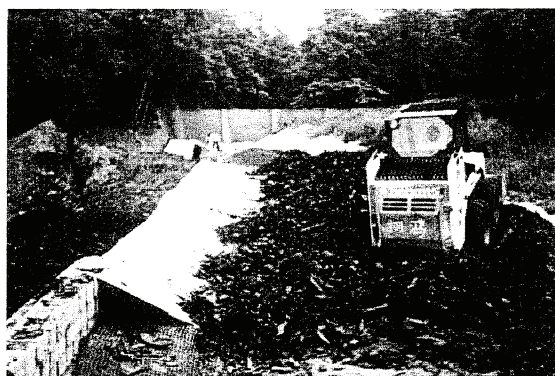
一部車輛之製造成份包括各種石化、金屬材料，其中金屬部份大都可輕易的回收再利用，但石化材料尤其是廢輪胎則因分解不易而且量大，不容易有效的加以回收利用。公路土堤施工所需之填方料數量非常龐大，若將廢輪胎切成碎片，使用於公路之填方工程上，則可大量而且有效地處理廢輪胎。

相對於廢輪胎量多之困擾，台灣由於陸上砂石逐年減少，取得不易，優良之回填材料將日益昂貴。而國內每年產生之廢輪胎數量約為8萬公噸，以80%之回收率估計，即有6.4萬公噸循正常回收管道回收之廢輪胎，其切碎後之密度以 $0.6T/m^3$ 估算，則每年回收廢輪胎數量將可替代6萬立方公尺之填方。利用切碎的廢輪胎做為公路路基回填材料，具有下列優點：

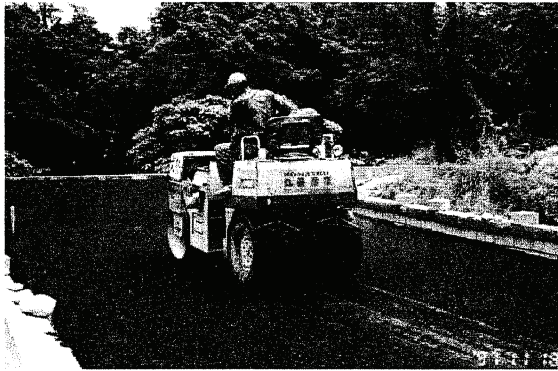
1. 可大量地消耗廢輪胎，並減少挖方借土，具環保正面意義。
2. 因重量僅及一般填土的三分之一至二分之一，可視為輕質材，因此其基礎承載力之要求標準可予以降低。故尤其適用於路基坍方、軟弱粘土地盤等可能造成邊坡穩定問題的區域。
3. 因切碎料孔隙多且大，因此排水性能優越，且不致因久泡水而降低其強度，故較一般粘土為佳。
4. 施工迅速，不受天候影響，不需考慮滾壓時之含水量。

廢輪胎與土壤之適當混合在某些狀況下可能優於兩者單獨之表現。混合有廢輪胎切碎料之填土，其摩擦角遠大於砂土，但沉陷量並不比純填土大，因此其行為表現可獲得認同。公路土堤施工所需之填方料數量非常龐大，若將廢輪胎切成碎片使用於公路之填方工程上則可大量而且有效的處理廢輪胎。在美國已有數州試驗過採用廢輪胎碎片作為公路之填方料並獲得成功的結果。至於利用切碎的廢輪胎混合瀝青，做為道路鋪面之用，目前正在實驗階段。其成效尚未有結論。

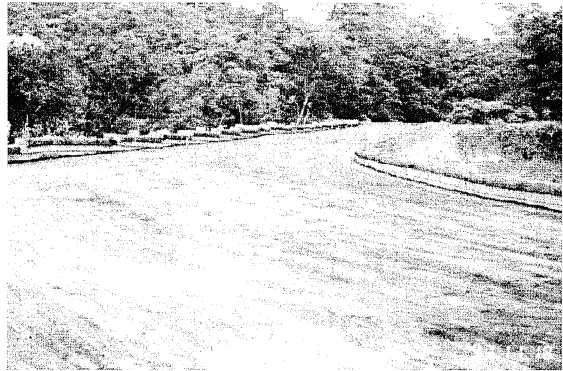
目前廢輪胎碎片做為填方在國內尚無先例，特別是廢輪胎切碎料之力學及變形特性等基礎項目。在交通部科技顧問室之贊助下，由交通大學土木系黃安斌教授、屏東科技大學謝啓萬教授與堅尼士工程顧問有限公司周南山博士所組成之研究團隊在國立屏東科技大學建造了一實體之試驗公路土堤及路



使用山貓回填廢輪胎碎片



瀝青壓路機滾壓



完工時之瀝青鋪面

面。土堤之核心採用廢輪胎碎片和土壤與廢輪胎碎片相間之互層，外圍用土壤包圍。試驗土堤中安裝沈陷板以便長期監測土堤表面與內部之沈陷。未來將定期採取路面試體並測試其工程特性，以確定此試驗公路路面之服務品質。為分析土堤內部受滲出液影響而可能產生之污染，採取在土堤中安裝排水截流系統，未來將定期採取土堤內部之滲出液進行化學分析。

廢輪胎碎片之工程性質

國內工程界以往並未進行類似之研究，特別是廢輪胎切碎料之力學及變形特性等基礎項目。輪胎碎片雖然是顆粒性材料，但因為含有鋼絲和橡膠材料吸收能量的關係，用震動的方法不易達到夯實的效果，輪胎碎片夯實最佳的方法還是使用重力。如果將土壤與輪胎碎片混合，無論是砂石或粘土，夯實後之單位重量隨土壤含量而增加。輪胎碎片受到剪力時體積都是收縮性。輪胎碎片之軸差應力不隨圍壓之增加而有明顯的改變，這與砂土有相當大的差異。因為輪胎碎片之收縮性、排水三軸試驗時之應力、應變曲線皆為應變硬化，而沒有明顯的尖峰。

依據美國科羅拉多州公路局進行之一系列基礎研究結果，證實廢輪胎之切碎料其剪力強度優於一般土壤，但受力後變形則較大。由室內直剪試驗結果顯示，小尺寸之廢

輪胎碎料具有較大摩擦角，並中2”之切碎料，其 $\phi = 39.9^\circ$ ，而3”之切碎料，其 $\phi = 35.5^\circ$ 。在材料變形性方面，大部份變形量均在荷重施加後即刻反應，且大尺寸之切碎料，其最大變形量亦較大。對大尺寸之切碎料而言，其尖峰荷重一般出現在應變 $> 20\%$ 時。輪胎碎片之透水性略低於Ottawa砂，約在 10^{-3} 與 10^{-4} cm/sec之間，隨圍壓之增加而減少。因為材料本身的高壓縮性與高孔隙率，輪胎碎片之壓縮性一般而言比土壤高出許多。當土壤含量大於40%時，壓縮就會明顯的降低。

試驗道路施工

試驗場地位於國立屏東科技大學東北角，野生動物收容中心之東南邊。試驗土堤之全長約為120m。路堤之現址為東西走向，是一2至3米高之土堤與野生動物收容中心緊鄰。土堤之東邊與一個潰堤之水庫土體擋水壩連接。完工之後本路段將成為野生動物收容中心之圍籬，也是國立屏東科技大學外環道路系統之一部份。因此本計畫道路將來會有相當之交通流量，為本路段提供測試。

試驗道路之坡度為3.55%。採用廢輪胎碎片與土壤互層做為填方。輪胎碎片或廢輪胎碎片土壤互層與原土壤之間用地工織物隔離。新路堤內部，也就是輪胎碎片或土壤之填充料內安放不織布地工織物以作為加勁材

料。新路堤之南北面牆用倍力磚疊砌而成，牆面之坡度為8V：1H。北面倍力磚牆高度在1到8m之間。倍力磚牆下有80cm寬20cm厚之混凝土基腳，與3吋之排水管，牆內有20cm後之透水性砂料。為確保牆面之穩定，倍力磚以3m寬之地工加勁格網加以錨定。南面之倍力磚牆高度在1m以下，牆之內部與原有土堤接觸，沒有加勁格網。

當回填土達到設計高程時，在回填土上方鋪放一層不織布，然後鋪設25cm厚之碎石級配並進行滾壓。添加橡膠粉末之瀝青混凝土在預拌廠按照預定之混合，橡膠粉末取代1%之骨材。橡膠粉末是在瀝青預拌廠以高壓空氣打入攪拌器中與瀝青及骨材混合一分鐘，然後送至工地。預拌瀝青混凝土鋪放於滾壓完成之碎石級配上，厚度再加以滾壓。

結論

試驗道路於民國86年6月底開工，當年11月18日完成。根據這次研究的經驗和完工後對路堤之觀察，可做成以下之結論：

1. 以國內現有的機具和人員可以勝任此類工程。
2. 施工期間除了天雨的影響之外，廢輪胎碎片的施用給施工人員帶來許多新的挑戰，輪胎碎片中的鋼絲曾多次將施工車輛的輪胎戳破，未來施工時應該使用滾輪式壓路機來夯實廢輪胎碎片。
3. 完工後之倍力磚牆面不平整，有橫向移動的跡象，這可能與廢輪胎碎片的高壓縮性有關。
4. 添加廢輪胎橡膠末之瀝青鋪面品質不理想，在多處發現有瀝青與骨材分離的現象。
5. 本試驗道路的造價可能比傳統土堤要高。使用廢輪胎碎片的經濟價值，必須與處理廢輪胎而產生的社會環保成本相比較才能顯現。

對於推廣廢輪胎碎片在公路填方之使用，未來在工程技術與法規上，還必須做以下之改進或確認：

1. 制定法律以鼓勵將廢輪胎碎片運用於公路填方中。鼓勵措施所產生的利潤，必須高過因為使用廢輪胎碎片而增加的施工成本。
2. 廢輪胎碎片的使用在台灣是否會造成將來環境的污染，必須加以確認。在本試驗中安裝有一完整的排水系統，其安裝的目的之一，就是要便於長期的收集廢輪胎碎片的濾出液，以便進行化學成份的分析。
3. 台灣本土所產生之廢輪胎碎片的力學性質需要進一步的建立。廢輪胎碎片填方之應力應變關係、廢輪胎碎片之潛變對於使用廢輪胎碎片工程結構之表現有直接的影響，這些參數也需要加以研究與確認。在本試驗道路中已安裝一系列的沈陷板，以便長期觀察土堤的表現。未來除讀取這些沈陷板讀數之外，應該進一步在試驗室中從事廣泛的試驗，以確定廢輪胎碎片的力學性質。
4. 使用廢輪胎碎片做為施工材料，尤其是填土材料時，設計與施工規範的訂立需特別注意。由於廢輪胎碎片之特異性，設計和施工與傳統的工法差異很大，必須加以規範。例如在公共工程中如果使用廢輪胎碎片，在防火以及降低濾出液的產生方面，就必須訂立最低的安全標準。廢輪胎碎片之夯實也與土壤完全不同，如何訂立夯實的規格及建立現場品質檢察的程序，這是我們須要再繼續深思的。