

軌枕材料之力學性質與行爲¹

Mechanical Property and Behavior of Railway Sleeper Materials

黃兆龍、劉俊杰、洪盟峰、江奇成²

本研究係因應未來鐵路工程高速度，或高承載能力之需求，所進行開發新型軌枕系統之研究工作，研究中先依文獻分析評估傳統木枕，和傳統台鐵 PC 枕特性，據此研發添加鋼纖維或爐石粉等三種複合材料之改良軌枕，進行靜態之力學試驗，分析篩選新型軌枕是否滿足或改良傳統軌枕之材性，以達到「高強度與高韌性」新型軌枕材料之目標，並提供新材料應用之資訊。

關鍵詞：鋼纖維，爐石粉，軌枕，高強度，韌性

一、緒論

傳統上台灣鐵路工程以木枕為主，而以往木枕取得與製成容易，且兼具良好的韌性及力學性質，然而近年來基於天然資源及生態之保護，木枕的取得已漸趨困難，加上木枕先天上易腐朽及不耐久的缺點，在「生命週期成本上」(life cycle cost)較為不利，加以抽換木枕的人工昂貴，因此各國逐漸改以預鑄預力混凝土枕取代之。台灣鐵路局近年來亦部份使用預力混凝土枕（PC 枕），以改善使用木枕之缺點，但其韌性仍較木枕為劣，針對此狀況有必要對混凝土複合材料之軌枕系列進行研究，以研發具有木枕之韌性，並改善木枕耐久性不佳之軌枕材料，以達安全，耐久及經濟的工程目的。

本研究對改良軌枕材料之混凝土強度需求，28 齡期抗壓強度設計值為 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ ，材料之配方以最小孔隙比理論。由最大乾搗單位重配合比試驗可得到各種材料最佳配合比例。由試驗結果得到粗／細骨材重量比 = 1 : 1，爐石取代細骨材重 10%，鋼纖維含量（體積比）0.75% 之配方，可獲最大之混合單位重，考慮耐久性要求之水灰比（重量比）為 0.35，強塑劑（super-plasticizer）劑量係以 Vebe 試驗儀，其結果分別採用 1% 至 1.75%（劑量／水泥重量比）。經以上試驗後決定各配比可工作之經濟用量。

二、試驗方法

對於軌枕的撓曲行爲分析，以中央位置承受最大負彎矩，及鋼軌軌座位置承受最大正彎矩為分析重點，其中測試包括改良 PC 枕、傳統 PC 枕及傳統木枕，以比較不同材質軌枕撓曲強度之差異性。有關軌枕的撓曲試驗，係參照美國鐵道工程協會 (AREA, American Railway Engineering Association) 之試驗手冊及相關文獻進行，採取簡支梁承受集中荷重時，所產生之撓曲行爲加以分析。

三、結論

本文結論如下：

1. 本論文曾刊登於 Chinese Journal of Material Science。經作者同意，以摘要方式刊登於四海學報第 10 期中。
2. 黃兆龍先生為國立台灣工業技術學院營建工程技術研究所教授；劉俊杰先生為私立中華工學院土木工程系所副教授；洪盟峰及江奇成先生分別為本校及東南工專土木工程科講師。

1. 木枕雖具有良好的力學及韌性性質，但由文獻知使用壽命不長及料源取得困難。PC 軌枕具備多項優點，而且能彌補木枕的缺失。
2. 軌枕撓曲強度結果顯示重型 PC 枕的三種改良軌枕材料，其中央位置的最大負彎矩，與鋼軌位置的最大正彎矩均超過設計最大彎矩，尤其是爐石組及爐石鋼纖維組軌枕在裂縫產生時，撓曲強度即已超過軌枕設計強度，顯示改良軌枕材料在列車服務荷重下，應不致於出現撓曲裂縫。
3. 對軌枕撓曲韌性而言，重型 PC 枕控制組與爐石組軌枕，當超過最大極限彎矩應力後，即迅速加大撓曲變形量，而爐石鋼纖維組軌枕因有鋼纖維的強化作用，表現出相當大的韌性，可使軌枕降低瞬間破壞的可能性。
4. 對於傳統 PC 枕及木枕，因軌枕尺寸皆比重型 PC 枕小，其承載能量無法滿足高運量設計之需求，然而木枕具有纖維質，能夠提供比無鋼纖維摻料之 PC 枕較佳之韌性，惟因材料資源的逐漸竭盡，未來終將被 PC 枕完全取代。
5. 改良軌枕材料因添加爐石及鋼纖維，除有明顯載重能力之提高外，超過極限載重後，仍有相當大的應變變形量，充分顯示添加爐石及鋼纖維可提高預鑄軌枕的應變能與韌性，此現象有別於前兩組的瞬間破壞行為，而有明顯的預警效果。且已兼具木枕及傳統 PC 枕之優點，在剛性及韌性上均超過傳統軌枕甚多。
6. 改良軌枕因具有多項優點，適宜配合業界積極開發產製，以應國建工程之需求，並提昇軌枕之韌性與耐久性及國內交通工程之品質。