

地工合成材料運用於延長鐵道道碴服務壽命

段瀚瀛¹ 陳柏璋² 陳祐旻³ 吳睿恆⁴

¹盟鑫工業股份有限公司 經理

²盟鑫工業股份有限公司 副理

³盟鑫工業股份有限公司 主任工程師

⁴盟鑫工業股份有限公司 工程師

摘 要

相當具有歷史的台灣鐵路從清朝一直經過日治時代到了現在 2016 的今天，台灣鐵路不論是疏通南北交通以及貨運都扮演非常重要的角色，鐵道除了基本鐵軌本身外，道碴在鐵道工程中是相當重要的環節，除了消音、排水及提供軌道的彈性外，有效的分散火車行經時給予鐵道的壓力，避免不均勻沉陷以及變形，道碴對於鐵路建設中有著密不可分的關係，在現今環境下，石材的取得漸漸的將成為問題，而在道碴的損耗，因為交通量的增加，造成道碴服務年限縮短，在更換道碴的經費上也是筆可觀的金額。利用地工合成材料進行基礎改善，不但減少不均勻沉陷及湧泥的疑慮，更延長道碴使用年限，進而導入地工排水材料改善積水疑慮，自 2007 年第一件使用地工合成材料於鐵道改善湧泥情況，至 2016 期間長達九年改善路段就未曾更換過道碴。

關鍵字：地工合成材料、道碴、湧泥、不均勻沉陷

Railway Use the Geosynthetic to Extend the Service Life of the Ballast

Tuan Steven¹ Chen Powei² Chen Jessie³ Wu Ryan⁴

¹ Manager, Gold-Joint Industry Co., Ltd., R.O.C.

² Assistant Manager, Gold-Joint Industry Co., Ltd., R.O.C.

³ Chief Engineer, Gold-Joint Industry Co., Ltd., R.O.C.

⁴ Engineer, Gold-Joint Industry Co., Ltd., R.O.C.

ABSTRACT

Taiwan has considerable historical railway. Railway plays a very important role both clear north-south traffic and transport. Ballast is a very important part in railway engineering, to avoid noise, drainage and provided elasticity. The effective dispersion pressure while train walking along the railroad and to avoid uneven subsidence and deformation. Now, the ballast materials will be achieved gradually becomes a problem. Because of the traffic increased, shortened service life of the ballast. In this case, the use of geosynthetic materials to work to improve the basis, not only to reduce uneven subsidence and mud bay concerns, but extend the useful life of the ballast, and then imported to improve water drainage material engineering concerns.

Keywords: Ballast, Geosynthetic, mud bay, avoid uneven subsidence

一、緣起

台灣鐵路自 1887 年(清朝)開始進行建設，走過日治時期，一直到 2016 的今天，長達 129 年的歷史，有很多的設備及基礎不斷的更新及汰換，隨著載貨量及人口的增加，軌道基礎是否可承受更大的承載，加上班次增加，反覆荷載下的路基道碴，壽命是否需要進一步的去探討，在這一次的案例中，因為反覆荷重下，造成湧泥現象的產生，進而造成承載力下降，有安全上的疑慮，以往的方式除了更換道碴之外，在這次的改善工程中，利用土工合成材料進行濾水隔離，及加勁提高承載力的特性，以延長鐵道道碴壽命，並減少日後的維護成本。

二、基地說明及介紹

2-1 基地條件

工程基地位置，位在基隆市暖暖區以及瑞芳區的兩處平交道，為交通部台灣鐵路管理局宜蘭工務段轄內，基地基礎設施本身因為早期的設置以至於水分無法有效的確實排導，且地下水位較高，當火車經過同時，造成孔隙水壓上升，水份滲出同時也將細粒料帶上來(圖 3，為基地湧泥照片)，有承載力下降及不均勻沉陷的疑慮，本案件所使用土工合成材料改善路段總長度共 30 公尺。

改善過程於傳統的換碴過程中，加入土工合成材料，進行地基改善工程，在配置當中，加入了增加承載力的土工格網，搭配濾水隔離效果的土工織布，引入排水系統(排水板及排水管)進行搭配，進而改善。



圖 1. 工程改善位置一



圖 2. 工程改善位置二



圖 3. 基地湧泥狀況

2-2 湧泥機制

鐵道建設中，道碴扮演相當重要的角色，可以有效分散應力，避免應力集中，增加鐵道彈性、排水及消音的功能，而湧泥的發生原因，在於道碴下方的水及細粒料的相互作用(圖 4)，火車行經鐵道時，應力傳至下方道碴及基礎，造成孔隙水壓上升，在反覆的作用下，使得水帶著細粒料沿著道碴縫隙往上攀升，污染了道碴，填充了空隙，而下方細粒料上升，致使道碴及細粒料造成混合，相對承載力降低，可能會發生不均勻沉陷及軌道變形的疑慮。

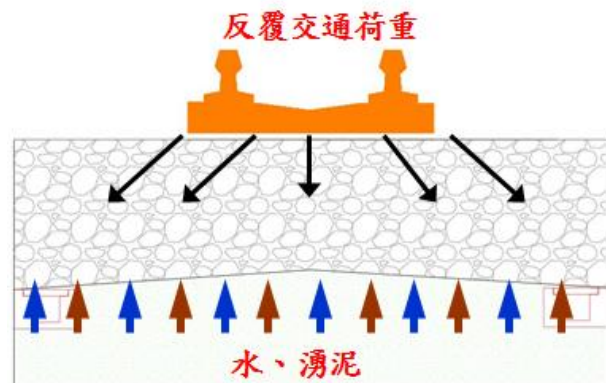


圖 4. 湧泥機制

三、材料運用

3-1 鐵路改善方法

在台鐵季刊中曾經提到鐵路路基改善工法，包括石碴膠結、土工合成材料、框式軌枕、埋設排水管、止水灌漿、全面改建及改建無道碴軌道等方式，而在本案例中，結合了土工合成材料搭配透水土工排水板進行基礎改善及有效排導水，使得湧泥現象得以獲得改善。

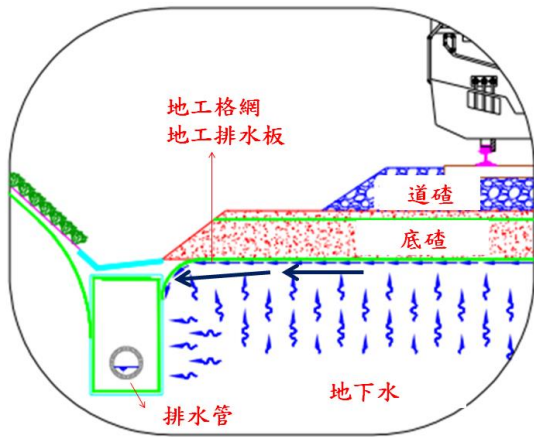


圖 5. 土工格網以及排水設施示意圖(參考自 IGS)

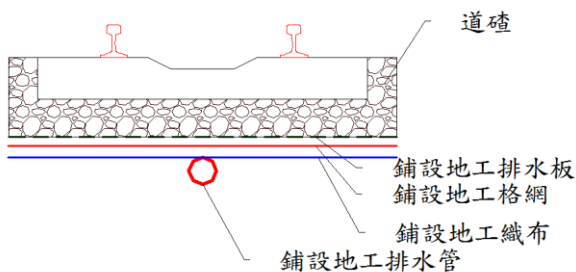


圖 6. 本案件配置示意圖

3-2 改善原理機制

Ryan et al.,(2000)，曾經提到土工合成材料運用路基的力學特性，土工合成材料提供了對於路基的側向約束力、軸向承載力以及薄膜張力支撐力(圖 7)以外，(圖 8)也提供了隔離效果，避免承載層及細粒料層造成汙染，在 2005 年澳洲臥龍岡大學 Buddhima Indraratna 等人，使用道碴搭配加勁材料進行室內試驗，發現土工合成材料是可以改善降低沉陷量及增加承載力，並延長道碴壽命。

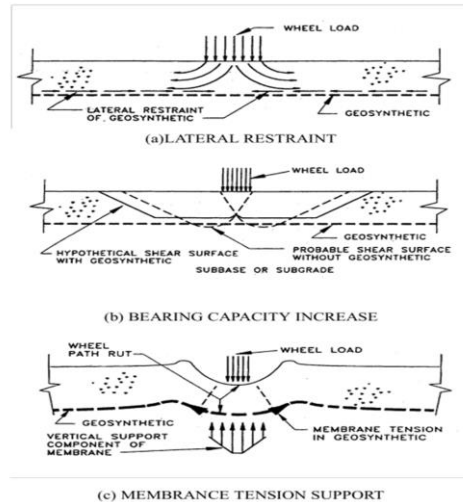


圖 7. 土工合成材料運用於路基
力學機制 (Ryan et al,2000)

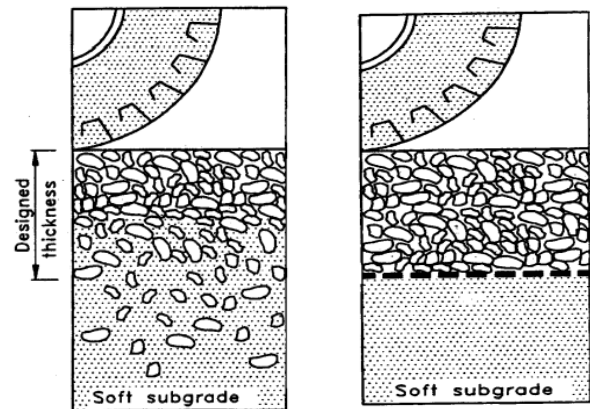


圖 8. 土工合成材料阻隔機制 (Ryan et al,2000)

李維峰、黃亦敏等人(2003)，透過實驗得到土工合成材料運用路基的優點，提到土工合成材料應用在處理軟弱土層時，可以充份發揮其隔離、加勁功能，提供軌道下方土層額外承載力，並防止細料土壤汙染級配層及道碴層，在實驗中發現土工合成材料能有效減少軌道的沉陷，並防止湧泥現象產生。

在本案件中，因基地位置早期設置方式，使得水分不易有效的排出，長時間地下水水位較高的，除了利用土工材料濾水隔離及增加承載力外，並利用土工排水管及土工排水板進行水份有效的排導，以避免水分直接上湧至鐵道路面。

3-3 材料介紹

本案件中，使用地工合成材料優點，增加承載力及圍束力的地工格網(圖 9.a)及具濾水隔離特性的地工織布(圖 9.b)，進行基礎加強，細粒料及道碴的隔離以增加道碴的服務年限，避免不均勻沉陷。

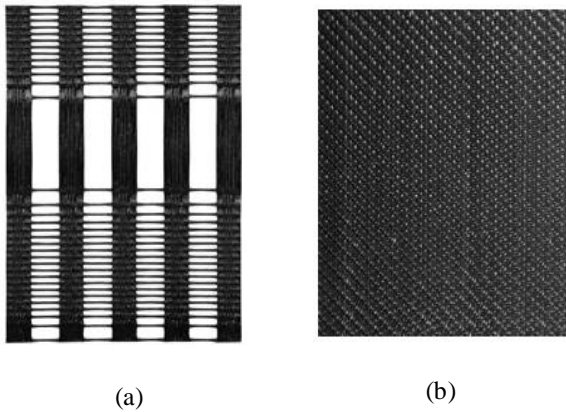


圖 9. 地工格網(a)及地工織布(b)

在基礎加強及濾水隔離外，水的排導系統在本案件中引進使用，先利用地工網管(圖 10.a)進行初步的引導水流，當地工網管所承受一定水的負荷量，水也會隨著格網及織布空隙往上攀升，這時候使用地工排水板(圖 10.b)進行最後導水，火車通過後，孔隙水壓下降後，水亦會從地工排水板空隙流回原狀態水位。

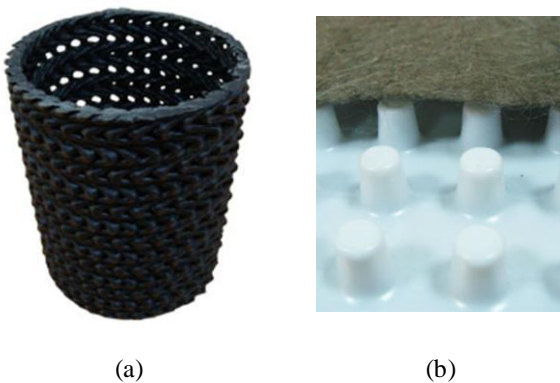


圖 10. 地工網管(a)及地工排水板(b)

四、施作過程

在台鐵換碴施工時間為晚間 11 點至凌晨 5 點是主要施工時間(圖 11, 施工前)，為了不影響白天的交通，必須離峰時間的夜間施工，而在夜間施工，因為環境條件不佳，且必須要在白天上班以前恢復交通，再來就是施工時，由於鐵路電氣化，上方有高壓電線，所

以在施工機具須特別注意，例如挖土機的大小，或是動作時的大小，都是需要去注意的，除此之外，也必須在挖道碴的時候不傷及鐵軌，工作工時短，晚間施工以及施工環境危險。(圖 11, 拆除軌枕)



圖 11. 施工前



圖 12. 軌枕拆除

開挖至施工配置的設計深度(圖 13)，第一階段將網管進行配置及固定初步回填(圖 14)，將地工織布及格網進行鋪設(圖 15 至圖 17)，最後進行地工排水板的鋪設(圖 18)

地工合成材料以及排水系統設置完成之後，將軌枕固定安裝(圖 19)，以及回填新鮮道碴(圖 20)至設計時的高度，最後砸道車進行整軌動作。



圖 13. 開挖至施工深度



圖 14. 配置排水網管及固定



圖 18. 土工排水板鋪設



圖 15. 土工織布鋪設



圖 19. 土工材料配置完成軌枕安裝



圖 16. 土工格網鋪設



圖 20. 新鮮道碴回填至設計高度



圖 17. 土工格網鋪設狀況



圖 21. 現況照

五、結論與建議

在鐵道工程中，多數路段以道碴鐵道為多數，道碴是需要維護的，道碴在承載應力的同時以及環境狀態下，會有所耗損，使用地工合成材料增加軸向及側向承載力的抵抗能力，以及避免承載層遭到下方細粒料土壤的汙染，延長道碴使用壽命，並有效減少維護次數及成本，在使用地工材料改善湧泥發生，自 2007 第一件案例完工至今 2016，改善路段歷經九年沒有再更換過道碴，改善效果良好，往後繼續追蹤，並探究地工合成材料對於道碴服務年限的增加效果，及往後成本及成效上的比對分析。

參考文獻(範例)

1. Ryan R., Berg, P.E., Barry. R., Christopher, P.E., & Steven Perkins, P.E. “Geosynthetic reinforcement of the aggregate base/subbase course of pavement structures” pp1-109,2000.
2. Prepared by K.C.A. Pimentel, R.J. Bathurst and E.M. Palmeira 「Geosynthetics in Railroads」, IGS.
3. 王聖昌,「地工合成材料於鐵路湧泥改善之研究」, 2003
4. 吳玲玲,「地工合成材料應用於鐵路穩定的設計與績效分析」, 2003
5. 李維峰、黃亦敏、陳景文,「魚雷車軌道床局部湧泥改善研究」, 2010
6. 陳文德、王志中、賴文能,「平溪線一號隧道內道碴軌道改建為無道碴軌道之研討」, 台鐵資料季刊, 2013