

壹、計畫緣起

本次出國計畫係依據 101 年 8 月 15 日府人考字第 10131893100 號函辦理，環狀線第一階段軌道工程（以下簡稱環狀線）所使用之鋼軌為日本新日鐵住金株式會社所供應。目前國內除臺北捷運信義線及環狀線外，桃園機場捷運線及臺灣高速鐵路亦有採用新日鐵生產之鋼軌。

本次海外檢測行程係先赴日本福岡縣北九州市新日鐵住金株式會社八幡製鐵所，鋼軌主要檢測重點為確認鋼軌生產現場執行檢測之項目、程序及方法，與提送之技術文件是否一致，並確認檢測結果是否符合契約要求。

此外，另考量環狀線第一階段本局於板橋區段 Y14-Y15 站間變更設計（AW3），屬臺高鐵路共構案，其中鋼構橋樑設計因有載重限制，故廠商目前已排除使用混凝土枕，考量枕木需採輕質化、堅固及絕緣設計材質，依設計將採用日本研發之合成枕木，故本次並參訪位於日本京都「積水化學工業株式會社-滋賀栗東工場」，實際了解合成枕木生產流程與作業情形，並拜訪京阪電氣鐵道株式會社工務部，實地考察位於京都市伏見區中書島車站合成枕木佈設現況，以進一步了解日本軌道工程應用情形。

貳、出國目標

鋼軌為捷運系統軌道工程之主要材料，其品質直接影響列車行駛之安全，故赴供料廠商實地了解及檢測，以確認鋼軌是否符合技術規範及計畫書之規定與要求，將可確保相關品質無虞。此次海外檢測除為瞭解材料之供料品質及測試情形，其主要目的如下：

- 一、新日鐵生產之鋼軌係依照 EN13674 規範執行，於 EN13674 中對生產工廠有每五年與兩年之試驗項目驗證工廠之生產資格，本次海外檢測即針對相關測試項目之現場執行程序及情形是否符合 EN13674 之要求進行了解。
- 二、確認鋼軌生產品質控制之相關檢測項目、程序及方法，與提送之技術文件是否一致，及其測試結果是否符合要求。

參、過程

本計畫自 102 年 5 月 26 日起程，先前往新日鐵八幡製鐵所確認 EN 鋼軌製造資格測試程序及執行鋼軌生產品質控制之相關檢測；於日本期間另參訪位於京都積水化學工業株式會社滋賀栗東工場，聽取公司簡報及參觀合成枕木生產流程與成品，之後拜訪京阪電氣鐵道株式會社工務部，實地考察位於京都市中書島車站合成枕木佈設現況，並就施工技術研討與經驗交流。最後至東京拜訪新日鐵住金株式會社及住友商事株式會社-東京總公司，至 102 年 6 月 1 日順利完成任務返國。本次海外檢測行程摘要詳如下表：

項次	日期	行程	內容概要
1	102/5/26(日)	桃園國際機場搭機至日本福岡，另搭車至北九州市。	08:10 搭乘長榮航空 BR2106 班機至日本福岡，另搭車至北九州市飯店。
2	102/5/27(一)	赴新日鐵住金株式會社-八幡製鐵所執行檢測(試驗總結會議)。	上午於八幡製鐵所聽取行程簡報，並進行資格審查及取樣試驗。 下午參觀工廠鋼軌製造流程與運送處理細節，收集試驗初步報告及試驗總結會議討論。
3	102/5/28(二)	由北九州市小倉站搭新幹線至京都，與積水化學工業株式會社代表陳經理會面，召開參訪前說明會議。	上午 09:22 由北九州市小倉站搭新幹線 12:00 至京都。 下午 14:00 與積水化學工業株式會社代表陳永澤經理於京都新都酒店會面，並討論至積水化工參訪行程事宜。
4	102/5/29(三)	上午拜訪積水化學工業株式會社滋賀栗東工場。 下午拜訪京阪電氣鐵道株式會社工務部。	上午 09:00 於京都搭車至滋賀縣栗東市，拜訪積水化學工業株式會社滋賀栗東工場，聽取公司簡報及參觀合成枕木生產流程與成品。 下午 13:00 由積水公司安排拜訪京阪電氣鐵道株式會社工務部，實地考察位於京都市伏見區中書島車站旁平交道、道岔段及鋼構橋合成枕木佈設現況，之後並與工務

			部主管開會就施工技術研討與經驗交流。
5	102/5/30(四)	由京都站搭新幹線至東京，次日拜訪行程討論及資料整理。	11:32 搭新幹線下午 14:00 抵達東京，於三井花園汐留飯店進行次日拜訪行程討論及資料整理。
6	102/5/31(五)	上午拜訪新日鐵住金株式會社-東京總公司。 下午拜訪住友商事株式會社-東京總公司。	上午拜訪新日鐵住金株式會社-東京總公司，進行意見交流。 下午拜訪住友商事株式會社-東京總公司，進行意見交流。
7	102/6/1(六)	東京羽田機場至臺北松山機場。	12:40 東京羽田機場搭乘長榮航空 BR0191 班機至臺北松山機場返國。

一、新日鐵住金株式會社-八幡製鐵所

新日鐵住金株式會社（以下簡稱新日鐵住金）設立於 1857 年，總公司位於日本東京都千代田區，在日本擁有 10 個工廠及 9 座高爐，各工廠分佈如圖 1。新日鐵住金除提供符合日本 JIS 規範之鋼軌外，亦提供符合國際軌道聯盟 UIC 規範、美國 AERA 規範、英國 BS 規範與歐洲 EN 規範之鋼軌，其在日本國內鋼軌市場有 80% 以上市佔率，並外銷至世界各地，桃園機場捷運線即採用新日鐵生產之鋼軌，另臺灣高速鐵路部份路段亦有採用。

新日鐵住金位於北九州市八幡製鐵所為其主要鋼軌生產基地（圖 2），為本次鋼軌檢測工廠，故相關人員於抵達日本第二天 5 月 27 日即進行檢測作業。



圖 1 新日鐵住金所分布情形



圖 2 新日鐵住金八幡製鐵所

本日行程先赴新日鐵住金八幡製鐵所技術開發研究部，由形鋼部經理岩野克也、主任園山恭平及中村真一郎接待，隨後即進行檢測作業。

鋼軌之檢驗與測試，包括資格測試與生產品質控制測試，新日鐵住金八幡製鐵所鋼軌相關試驗係委由 Nippon Steel & Sumikin Technology Co,Ltd，簡稱”NSST”負責執行(公司原名稱爲 Kyushu Techno-Research, Inc.簡稱”KTR”)，NSST 公司具有 ISO 17025:2005 有關試驗室資格之認證，NSST 公司並於生產期間均派員駐廠檢測，爲本專案認可之試驗公司。由於新日鐵住金廠房內具有規模之全自動機械化生產線設備，製程中無法人爲任意操作，其中包括尺寸檢查、超音波、渦流及雷射等檢查設備皆爲生產線的一部份，所以本專案鋼軌試驗上述四項均於生產線檢查完成。

本次檢測先對 EN 鋼軌製造資格測試相關規定及程序進行了解，而後執行鋼軌生產品質控制測試之檢測，最後赴鋼軌生產工廠參觀鋼軌生產流程，分項說明如後：

1. EN 鋼軌製造資格測試：

EN 資格測試包括斷裂韌性 (K1c) (Fracture toughness)、疲勞裂紋成長率 (Fatigue crack growth rate)、疲勞試驗 (Fatigue test)、殘餘應力 (Residual stress)、鋼軌全長細部硬度試驗 (Detailed hardness test over the rail length)、拉伸強度及伸長率 (Tensile strength and elongation)、偏析 (Segregation)等 7 項。本次部分檢測項目因屬 EN 之鋼軌製造資格測試，且尚未達 5 年及 2 年執行測試之時程，故僅就部份項目測試之程序及方法做概要說明，分項敘述如下：

A.斷裂韌性試驗 (K1c)

試體由軌頭處採取 3 個，每一試體至少測試 5 次，測試溫度爲 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，測試循環頻率在 15Hz 至 120Hz。

B.疲勞裂紋成長率試驗

試體由軌頭處採取 3 個，每一試體至少測試 3 次，測試溫度爲 15°C 至 25°C ，最大與最小負荷比爲 0.5，測試負荷循環頻率在 15Hz 至 40Hz，三點彎曲試驗負荷跨距爲 180mm。

C.疲勞試驗

試體由軌頭處採取 3 個，測試溫度爲 15°C 至 25°C 。

D.殘餘應力試驗

樣品應由鋼軌端部 3 米內採取，樣品數量爲 6 支，其長度爲 1m，試體再由上述鋼軌軌足底部處採取，寬度爲 20mm。

2. 鋼軌生產品質控制測試：

本次檢測針對生產品質控制測試共計完成硬度及抗拉測試等二項，依其試驗條件頻率、接受標準及結果分項敘述如下

A. 硬度測試（如圖 3 至 12）

試驗條件頻率：

普通軌每爐取 1 個，耐磨軌每 100 噸取 1 個測試條件：鎢合金球、直徑 2.5mm、負荷 1.839 千牛噸、負荷時間 15 秒，測試前鋼軌踏面需先研磨 0.5mm。

接受標準及結果：

- 1、普通軌：踏面中心260-300HBW
結果：271 HBW，符合要求。（表1）
- 2、耐磨軌：踏面中心350-390HBW
結果：354 HBW，符合要求。（表2）
- 3、耐磨軌其他斷面位置硬度規範值321-340 HBW
結果：341-354 HBW，符合要求。（表3）

自動 可否	判別	試驗片番 號	製鋼番 號	檢査 機関	特殊試驗作 業指示票	層 区分	圧延(每管) No.	規格 コード	仕切直 径		
	2	1-26547-0	T114290101			D015	1Y3Z203	8340B55050			
製造仕 込		品名	仕込 品名	仕込 規格	仕込 数量	仕込 位置	仕込 位置	仕込 位置	仕込 位置		
		K720E	EN60E1-R260		00000			11-0600-0102			
試験 コード	代 番	試 験 方 法	試 験 時 間	試 験 温 度	試 験 方 法	測 定 数	測 定 位 置	下 限	上 限	MAX	
57	16B850	2T	J		HB HYOMEN	1	1	260	290		
硬度 1	C994										
HBW Dia HB		10/3000		3689	3689	271					
試験片寸法		試 験 時 間	試 験 温 度	F.H級	判 定	試 験 方 法	試 験 時 間	試 験 温 度	判 定	試 験 方 法	
5		5	5	11	12	13					
試験方法		寸法	条件	単位	基準値	許容誤差	試片長さ	試験方法	判定	規格	
S B T (鋼軌)		S B T (鋼軌)		S B T (鋼軌)		S B T (鋼軌)		S B T (鋼軌)		S B T (鋼軌)	
角 度	手 柄	角 度	手 柄	角 度	手 柄	角 度	手 柄	角 度	手 柄	角 度	手 柄
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
規格		規格		規格		規格		規格		規格	
MIN		MAX		MIN		MAX		MIN		MAX	
67		51		57		61		63		66	
判別		判別		判別		判別		判別		判別	
1		1		2		2		1			
入荷月日		12-12-10-09		製作月日		13-01-24-13					

(表 1) 普通軌踏面中心硬度測試結果：271 HBW，符合要求。



圖 3、4 於試驗前說明試驗方式與標準



圖 5 儀器架設完成



圖 6 施以規定之負荷



圖 7 硬度測試加壓情形



圖 8 硬度測試施壓完成試體



圖 9、10 將完成試體放置於儀器進行簡觀察

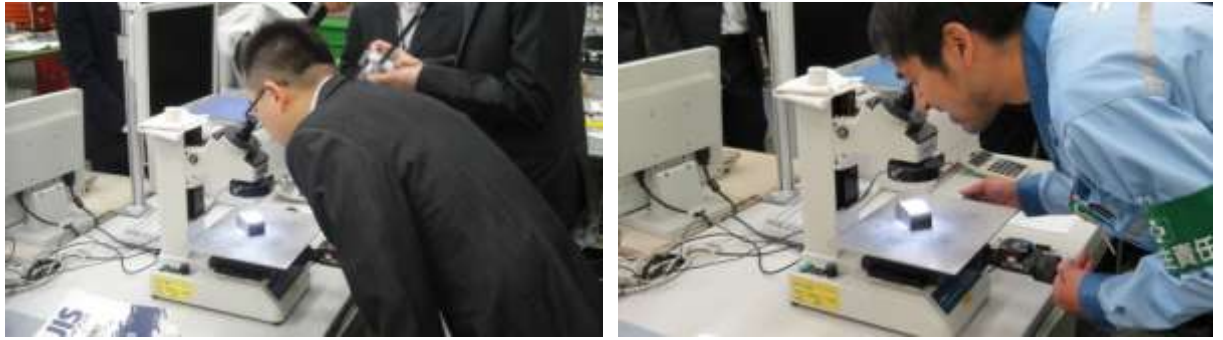


圖 11、12 試體凹痕數值判讀結果

B. 拉伸測試 (如圖 13 至 20)

試驗條件頻率：普通軌每 2000 噸取 1 個，耐磨軌每 1000 噸取 1 個，試體直徑 10mm，橫斷面積 78.5mm²。

接受標準：拉伸強度 ≥ 880Mpa，伸長率 ≥ 10%。

接受標準及結果：

1、普通軌接受標準：拉伸強度 ≥ 880Mpa，伸長率 ≥ 10%。

檢測結果：拉伸強度 ≥ 981Mpa，伸長率 ≥ 14.4%。符合要求。(表4)

2、耐磨軌：接受標準：拉伸強度 ≥ 1175Mpa，伸長率 ≥ 9%。

檢測結果：拉伸強度 ≥ 1225Mpa，伸長率 ≥ 10.5%。符合要求。(表5)

自動 可否	判 別	試驗片番号	製鋼番号	検査 機関	一般試験作業指示票										規格	仕切重量
0	I	1-26547-0	T114290101		0015	1Y3Z205	115.17	0000	L1-0600-0102	3340855050						
製造位置		材料区分	品番	検査 場所	検査 番号	検査 区分	検査 項目	検査 方法	検査 器具	検査 条件	検査 結果	検査 備考	検査 担当者	検査 日		
K720E		EN60E1-R260	00000													
試験 コード	代 番	データKEY	試験片形式(1)	GL(1)	試験片形式(2)	GL(2)	試験片長さ	試験片直径	試験片厚さ	試験片形状	試験片重量	試験片表面積	試験片体積	試験片密度		
51	2 16B810	TL 0	YT42-050		50.06											
引張 1	C994															
試験結果		試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果		
78125		14.4	A													
98.1																
10.07																
7008																
13.5.27																
COD		押し付け	ば出し	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果	検査 結果		
MIN AVE																
シ ス テ ム 内 外 判 別		試験コード	67 51 57 61 63 66													
材料		1 1 2 2 1														
入荷月日		12-12-10-09	発行月日	13-01-24-13												

(表 4) 普通軌檢測結果：拉伸強度 ≥ 981Mpa，伸長率 ≥ 14.4%。符合要求。



圖 17 拉伸試驗測試情形 2



圖 18 試體拉伸長度量測

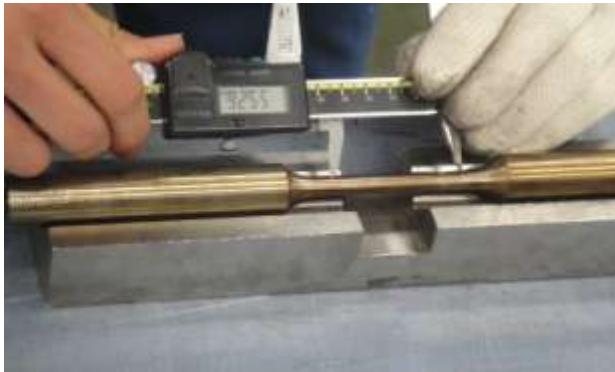


圖 19 拉伸長度數值量測



圖 20 拉伸強度測試結果記錄

※檢測後會驗人員代表簽名確認※

Date : 27th May ,2013

Inspection for NSSMC's Rail

We hereby guarantee all rails for circle line project (EN13674-1 R260 grade, EN13674-1 R350HT grade (Heat treatment rail)) passed inspection as attached documents.

Sincerely yours

Tested by NSSMC

Signature



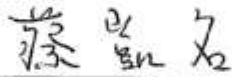
Witnessed by DORTS

Signature



Witnessed by Ansaldo

Signature



Witnessed by SYCC

Signature



3. 鋼軌生產作業流程參觀：

完成實驗室部分之檢測後隨即赴鋼軌生產工廠參觀，並由形鋼園山恭平主任針對新日鐵住金鋼軌生產現況、流程及技術等進行簡報說明(如圖 21、22)，包括依客戶需求生產之特殊斷面鋼軌及所生產鋼軌之高耐磨性做介紹，強調增加碳含量來加強耐磨性方式，卻不會提高脆性之特殊技術，足見其對產品鍛造之技術與能力。



圖 21 鋼軌生產現況簡報



圖 22 鋼軌生產流程簡報



圖 23、24 鋼軌生產工廠外觀

由於鋼軌生產工廠生產流程及設備等屬廠商之商業機密，新日鐵住金規定生產工廠內全程禁止拍照攝影，故無法提供相關資料，以下描述之圖表資料，係引用廠商提送之技術文件摘錄，故生產流程僅以敘述方式說明（如圖 25）：



圖 26 新日鐵廠區內之貨運碼頭



圖 27 特殊型鋼軌運輸車輛運送鋼軌情形



圖 28 鋼軌儲放場整齊堆置現況



圖 29 鋼軌成品已打印標示本專案名稱

檢測作業完成後隨即進行檢測總結會議(如圖 30)，並針對本次檢測之所見交換意見（※總結會議心得及建議於第肆章說明）。



圖 30 檢測總結會議及交換意見



圖 31 檢測完成後於技術開發研究部合照留影

二、積水化學工業株式會社-滋賀栗東工場

本次檢測人員在完成新日鐵住金八幡製鐵所檢測行程後，第 3 天 5 月 28 日由北九州市小倉站搭乘新幹線高鐵至京都，於下午 14:00 抵達當日下榻處京都新都酒店，與積水化學工業株式會社(以下簡稱積水化工)代表陳永澤經理會面，並討論次日至積水化工參訪行程事宜。

日本積水化學工業株式會社公司成立於昭和 22 年(1947 年)3 月 3 日，資本額 1,000 億日圓，目前員工計有 22,202 人，社長為根岸 修史，總公司位於東京都港區，目前主要經營方向以三方面事業發展：

1. 住宅事業—製造和銷售組裝式住宅、家居、裝飾材料及裝修業務，提供 60 年以上耐久性、安心、舒適的居住空間。
2. 環境、生活基礎設施事業—重視與人類和大自然密切相關的水環境，以創造安心舒適的未來社會為目標，提供生活基礎設施的給排水用管材、更生工法、住宅資材、給排水相關產品和施工技術服務。
3. 高機能事業—跨越資訊技術(I T)、汽車、醫療、機能建材等多個領域、靈活運用材料、加工成型、檢測分析的核心技術，提供中間膜和各種高機能塑膠產品。

此次參訪位於日本京都積水化工滋賀栗東工場，生產線主要屬上述第 2 項「環境、生活基礎設施事業」，提供生活基礎設施與施工有關材料與技術服務，該事業生產據點分佈參考如下(圖 32)。



圖 32 積水化學工業株式會社-環境、生活基礎設施事業生產據點分佈圖

本次參訪滋賀栗東工廠其位置靠近 J R 栗東車站，占地面積約 1.6 萬 m^2 (圖 33)。工廠最早設立於 1964 年開始生產聚氯乙烯管，自 1974 年便開始生產 RCP 管及 FFU 合成枕木，至今供應全球各地。

5 月 29 日行程由積水化工代表陳永澤及橋本要 2 位經理安排，於新都酒店搭乘公務車在上午 09:10 抵達積水化工滋賀栗東工廠技術部(圖 34)，由 FFU 技術課中尾喜浩課長、今村昌信副主任接待，並由今村昌信副主任就積水化工公司之沿革、產品說明、FFU 合成枕木生產流程、及應用等進行簡報(圖 35)，隨後並至 FFU 合成枕木生產工廠參觀其製程及樣品說明。

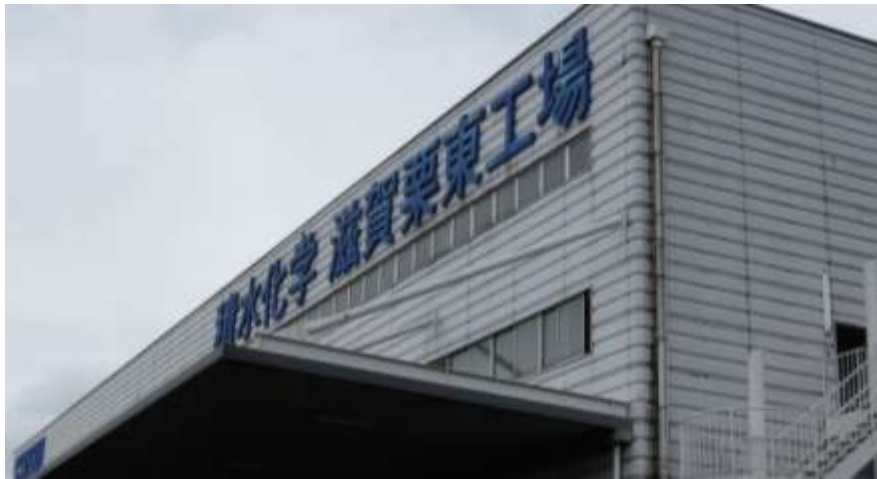


圖 33 積水化學滋賀栗東工廠



圖 34 積水化工滋賀栗東工廠技術部



圖 35 由積水化工今村昌信副主任進行簡報

1、FFU 合成枕木簡介與製程

F F U (Fiber reinforced Foamed Urethane) 是將硬質聚氨酯樹脂的發泡體用長玻璃纖維進行強化後生產出的輕量、耐腐蝕構造材料。F F U 具有強化塑膠的“耐久性”、“絕緣性”以及“強度”等優點，同時也具有與木材同樣的“輕量”以及“加工性”等特長，以鐵道軌枕為主，用於各種領域。



圖 36 FFU 組成材料為長玻璃纖維



圖 37 為硬質聚氨樹脂原料及發泡體

由於 FFU 合成枕木工廠生產流程及設備屬廠商之商業機密，故規定除成品與展示樣品外，生產工廠內全程禁止拍照攝影，故無法提供參觀生產流程現況相關資料，以下之描述係引用廠商提供文件摘錄說明：

FFU 合成枕木製程（如圖 38）

合成枕木製造過程如下圖所示：

- (1) 長纖維吐出，並與聚氨樹脂混和。
- (2) 於成形機內等待發泡，並經過冷卻。
- (3) 將冷卻後產品進行適當的拉伸調直，並裁切適當長度。
- (4) 規格品產出後，依客戶需求進行各樣加工。

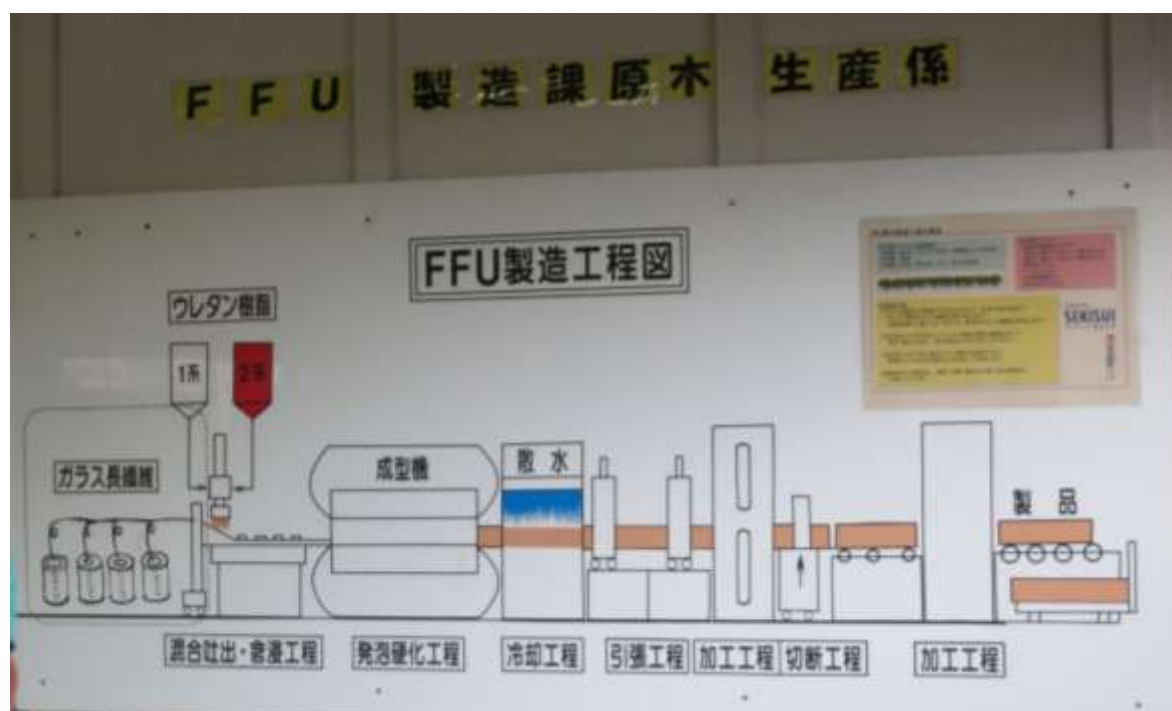


圖 38 FFU 合成枕木製造過程示意圖



圖 39 FFU 合成枕木加工前成品



圖 40 FFU 合成枕木可依客戶需求加工



圖 41、42 FFU 合成枕鋪設示範

2、積水化工對 FFU 合成枕木長期觀察試驗結果

積水化工所生產之 FFU 合成枕木不僅均能達到 JIS 規範要求，該公司並針對此產品進行 15 年後之物理性能比較，其試驗結果與新製品相差無幾，可見其產品耐久性能比傳統木枕來得優異，測試結果如下（表 6）所示：

（表 6）積水化工對 FFU 合成枕木長期觀察試驗結果統計表

項 目	單 位	木枕	合 成 軌 枕 材 料			試驗方法	
		新材	新材	10 年後	15 年後		
比重	—	0.75	0.74	0.74	0.74	JIS Z2101	
彎曲強度	MPa	80	142	125	131	JIS Z2101	
彎曲楊氏模量係數	MPa	7100	8100	8000	8160	JIS Z2101	
縱向壓縮強度	MPa	40	58	66	63	JIS Z2101	
剪切強度	MPa	12	10	9.5	9.6	JIS Z2101	
粘結剪切強度	—	—	母材破壞	母材破壞	母材破壞	JIS K6852	
表面硬度	MPa	17	28	25	17	JIS Z2101	
抗衝擊彎 曲強度	20°C	J/cm ²	20	41	—	—	JIS Z2101
	-20°C	J/cm ²	8	41	—	—	JIS Z2101
吸水量	mg/cm ²	137.0	3.3	—	—	JIS Z2101	
破壞電壓	DRY	kV	8	25 以上	25 以上	25 以上	JIS Z2101
	WET	kV	1 以下	25 以上	25 以上	25 以上	JIS Z2101
絕緣電阻	DRY	Ω	6.6×10 ⁷	1.6×10 ¹³	2.1×10 ¹²	3.6×10 ¹²	JIS K6852
	WET	Ω	5.9×10 ⁴	1.4×10 ⁸	5.9×10 ¹⁰	1.9×10 ⁹	JIS K6852
道釘拔出強度	kN	25	28	28	23	鐵研式	
螺釘拔出強度	kN	43	65	—	—	鐵研式	

3、FFU 合成枕木特長及優點

優點詳如下說明：

(1)便於施工與安裝：

重量輕，可實現短時間鋪設，還能使橋樑構造輕量化。

道岔機與枕木可以分別搬入現場進行組裝。

可在現場加工，對枕木進行微調整，提高施工精度。

枕木中不含鋼筋，不必擔心施工中發生短路事故。

(2)適應高速軌道的功能：

可製作長尺寸產品，適應大型道岔。

柔韌性好，即使沒有軌道防震墊也能適應高速軌道。

可進行現場加工，以提高軌道水準的精度。

即使在新幹線等高速線路的對接部，也未出現過裂縫。

(3)產品種類豐富齊全：

根據現場條件可以在短期內製作出各種尺寸的產品。

可以附加各種各樣的功能。

(4)良好的經濟性：

使用壽命長、施工費用低，使產品週期成本下降，從而實現了降低總成本的目的。

(5)容易進行維護管理及修補：

修補好釘孔後，可再次使用。

樹脂材料的耐腐蝕性，可長期保持穩定的性能。

4、各式軌枕優劣比較

下表為各式軌枕優劣比較參考（如表 7）：

（表 7）各式軌枕優劣比較表

項目	F F U 合成軌枕		混凝土軌枕		木製軌枕	
強度	強度高、柔韌性好，能減輕震動及噪音。	○	鋼筋混凝土枕木的強度非常高，但柔韌性差。	○	強度不均勻，而且隨著歲月的推移強度降低。	△
耐久性	防腐性及耐水性極強，50 年以上長期穩定。	○	耐久性雖強，但鋼筋易腐蝕，壽命 20~30 年。	○	防腐性差，乾燥易產生裂縫，壽命 10~15 年。	×
施工性	重量輕，施工容易，可在現場加工，工期短。	○	重量大，施工難，不能現場加工，工期長。	△	重量輕，有利於運輸及施工，工期短。	○
修補翻新	釘孔修補容易，可靈活對應軌道位置的變更。	○	很難進行釘孔的修補，軌道位置的調整困難。	×	釘孔的修補翻新困難，一般只能一次性使用。	×
生產效率	連續模具法，效率高，品質穩定，交貨期短。	○	定長模具法，效率低，模具數多，交貨期長。	△	優質以及長尺寸木材的採購困難，交貨期長。	△
環境保護	修補翻新後可再利用，也可廢料回收再利用。	○	雖然可用于路基碎石，但是很難使其資源化。	△	為了保護森林資源，已逐漸不採用木制枕木。	×
經濟性	長壽命及易於施工等，可以降低總成本。	○	重量大，施工費增加。小批量生產的成本高。	△	產品壽命短，增加更換次數及維護管理費用。	△
綜合評價	是最適合用於鐵路軌枕的高性能新材料。	○	重量大，使運輸及施工的難度和費用增加。	△	使用壽命短，消耗森林資源，很少用於軌枕。	×

圖形表示：優○，普通△，差×

5、合成枕木延革與應用

積水化工所生產的 FFU 合成枕木迄今為止已有 20 年以上的使用實績，並陸陸續續替代過去使用的木枕，相關使用實績如下（表 8）：

（表 8）FFU 合成枕木使用實績表

1980 年	以 F F U 合成木材為原材料，由鐵道綜合技術研究所進行了開發，經過基礎檢測後，在日本國有鐵道的實際軌道上開始進行施工及運行檢測。首先用於橋樑軌枕以及海底隧道軌枕。
1985 年	對上述鋪設的軌枕，5 年後的檢測結果為良好。國鐵決定正式採用。
1987 年	國鐵民營化，J R 成立。
1989 年	隨著東海道新幹線速度（NOZOMI 號的運營速度為 270km/h）的加快，作為軌道枕木材料，正式採用 F F U 合成軌枕。
1991 年	鐵道綜合技術研究所在對 F F U 合成軌枕進行的 10 年實際檢測中，明確證實了其物理性能幾乎沒有任何下降。私鐵及公營鐵道各公司也正式採用。
1996 年	鐵道綜合技術研究所的 15 年實際檢測報告中再次確認了其物理性能“相當於強度保持 50 年的水準”。
2002 年	幾乎所有鐵道公司都推行 F F U 合成枕木，東海道新幹線全區間完成更換。九州新幹線的新建、東北新幹線的延長擴建也繼續採用了 F F U 合成軌枕。
2003 年	臺灣高鐵（新幹線）的車輛基地的道岔部採用了 F F U 合成軌枕。
2005 年	中國廣州地鐵採用了 F F U 合成軌枕，並且隨著延伸擴建還在繼續採用。
2007 年	正式制定並納入了日本工業規格（JIS E1203）

※以下由積水化工公司所提供-FFU 合成枕木已鋪設路段實績照片（圖 43-50）



圖 43 日本東海道新幹線的所有橋樑及道岔位置使用 FFU 合成軌枕



圖 44 日本東北新幹線的長鐵軌（64km）道岔上採用的 FFU 合成軌枕



圖 45 日本上越新幹線的第 38 號道岔(日本最大道岔)上的 FFU 合成軌枕



圖 46 日本東京站附近的枕木道床一體化彈性軌道的道岔上採用的 FFU 合成軌枕



圖 47、48 臺灣高鐵機廠採用 FFU 合成軌枕



圖 49 奧地利維也納地鐵橋樑 FFU 合成軌枕



圖 50 澳大利亞 Queens Land 鐵道橋樑 FFU 合成軌枕

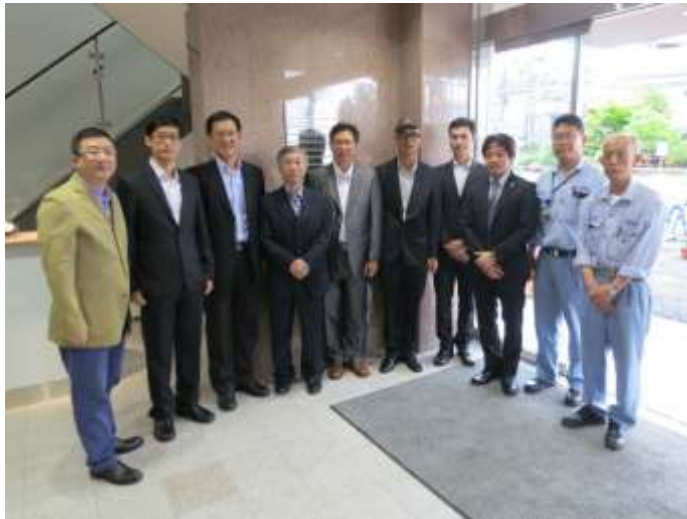


圖 51 參訪後於技術部與積水化工人員合照

三、京阪電氣鐵道株式會社-工務部

5月29日上午於結束積水化工公司參訪行程後，下午行程透過積水化工代表陳永澤及橋本要2位經理安排，前往位於京都府京都市伏見區中書島車站之養護單位-京阪電氣鐵道株式會社工務部（以下簡稱京阪電氣），於下午13：40到達由工務部保線課副班長濱中浩司帶領，前往考察位於該站旁下承鋼陸橋及平交道旁道岔段之合成岔枕佈設情形。

該站屬於京阪電氣鐵道之宇治線，約於1913年開通，故其鋼桁架橋之橋枕及岔枕早期均使用木枕。由於年代久遠，木枕不易保養而次第腐朽，需經常抽換；惟因木枕保養不易且料源日益枯竭而不易取得，遂將木枕抽換為預力混凝土軌枕(詳圖52)。



圖 52 預力混凝土軌枕



圖 53 京阪電氣鐵道宇治線之下承鋼梁

但是早期的鐵路橋梁多以鋼梁製作，尤其是當做陸橋之下承梁。中書島車站之進出站端有公路穿越路線下方，故設置陸橋提供公路車輛由下穿越；惟受限於橋下車輛行車淨空，該鐵路陸橋採用下承鋼梁(詳圖 53)。日本鐵路下承鋼梁橋屬桁架結構(詳圖 54)，無法固定預力混凝土軌枕，故京阪電氣工務部因此將位於下承鋼梁橋之橋枕更換為合成枕木，以方便以螺栓固定合成枕木於下承鋼梁橋(詳圖 55)。



圖 54 京阪電氣鐵道宇治線之桁架鋼梁橋



圖 55 安裝於京阪電氣鐵道宇治線桁架鋼梁橋之合成橋枕

由於道岔之幾何配置複雜，股道在道岔由一股分岔為二股，同一根岔枕上須安裝 4 根鋼軌，而且每根岔枕上之鋼軌位置均不同，為便於安裝道岔在岔枕上，早期的軌道均以木枕作為岔枕(如台北捷運高運量捷運系統機廠內之道岔)。如前所述，由於年代久遠，木枕不易保養而次第腐朽，需經常抽換，但木枕料源日益枯竭而不易取得，近期歐洲軌道界將岔枕改為預力混凝土岔枕，惟因每根岔枕上之鋼軌位置均不同，每根岔枕均須定尺訂做，成本昂貴；日本軌道界因而將木質岔枕抽換為合成岔枕(詳圖 56)，以方便安裝並確保道岔所需高精度之線形及幾何需求；雖然合成岔枕之成本高於木質岔枕，但是合成岔枕之安裝便利性及耐久性卻遠高於木質岔枕。

本日於中書島車站與養護單位現場勘察後至工務部會議室與京阪電氣工務部保線課農已增次課長及濱中浩司副班長等人，雙方就軌道工程施工經驗進行交流，農已增次課長表示目前合成枕木於日本軌道工程應用相當普遍，包括道岔與鋼橋樑等實際運用上給予很好之評價。



圖 56 採用合成岔枕之道岔



圖 57 位於京都市伏見區中書島車站



圖 58 與京阪電氣鐵道株式會社工務部人員交流

在結束京都參訪行程後，我們於次日 5 月 30 日由京都站搭新幹線，在下午抵達東京車站與鋼軌代理商臺灣住友商事吳俊緯襄理會合，並前往當日下榻飯店三井花園汐留飯店後討論次日參訪行程事宜。

四、新日鐵住金株式會社-東京總公司

新日鐵住金(前身為：新日本製鐵株式會社 Nippon Steel)，為日本最大鋼鐵廠商，於去年 2012 年 10 月與日本排名第 3 住友商事集團旗下住友金屬工業株式會社 (Sumitomo Metal Industries) 正式合併，根據世界鋼鐵協會 (World Steel Association) 2012 年報資料所載，新日鐵住金年產粗鋼

量已達 4790 萬公噸，目前為全球第 2 大鋼鐵製造商。

5 月 31 日當日上午我們由臺灣住友商事吳俊緯襄理安排，於 09：30 到達新日鐵住金株式會社-東京總公司進行拜訪，由該公司建材部軌條室安西浩一郎室長及坂下雄祐主任接待，並進行意見交流（圖 59）。安西室長會中感謝臺灣高鐵與捷運系統等工程，陸續引進並採用該公司所生產之鋼軌材料，希望將來後續階段的捷運系統等工程能持續予支持與採用。代表團也同時感謝新日鐵住金之相關人員，於檢測段期間給予成員技術上之協助與配合，使得鋼軌檢測作業能達成預期之成果。在結束會議後與相關人員於大廳進行合照留影（圖 60）。



圖 59 與新日鐵住金代表進行意見交流



圖 60 與新日鐵住金相關人員合照

五、住友商事株式會社-東京總公司

日本住友商事株式會社（以下簡稱為住友商事）成立於 1919 年，為世界前 500 大企業及日本 5 大商社之一，其業務涵蓋機械、電力、通訊、環境、生化、食品、傳媒、網路、金融保險、建設及不動產等，在 70 多個國家擁有約 150 個據點，集團旗下原有住友金屬工業株式會社，於去年與新日鐵合併成為新日鐵住金株式會社。

由於新日鐵住金所生產之鋼軌產品係由住友商事負責代理與銷售，故本次日本海外檢測之行程規劃及聯繫均由住友商事人員安排。5 月 31 日下午透過住友商事吳俊緯襄理安排，我們於 14：10 抵達日本住友商事-東京總公司進行拜訪（圖 61），由該公司金屬製品本部永野義典部長、仲田忍經理及柳澤裕人主任接待，並進行意見交流（圖 62）。本次海外檢測代表梁志全副主任表示，感謝住友商事於這段期間投入人力安排與相關協助，使檢測組員得以順利圓滿達成本次檢測任務。



圖 61 拜訪住友商事株式會社東京總公司



圖 62 與住友商事代表進行意見交流

本次海外檢測組員在完成本次檢測任務後，於次日 6 月 1 日搭車前往東京羽田機場，並搭乘 12:40 長榮航空 BR0191 班機至臺北松山機場飛機，於下午返國結束任務。

肆、心得與建議

本次執行之鋼軌檢測，除確認生產品質控制執行檢測之項目、程序及方法，與廠商提送之技術文件是否一致外，透過對 EN 資格測試之現場檢核，更能了解 EN 對鋼軌生產之資格要求，以確保材料符合台北環狀線捷運施工品質之要求。另至京都參訪積水化工公司 FFU 合成枕木，生產流程及作業情形，對供料商之製程管理及國外特殊材料之應用與技術發展進一步了解。至京都市伏見區中書島車站，實際了解道岔與鋼構橋路段合成枕木佈設情形，並與養護單位-京阪電氣鐵道株式會社工務部人員進行訪談，以了解合成枕木之施工方式、使用情形及實務上運用，更可供台北捷運未來路線安裝之參考。以下將就本次海外檢測總結會議與參訪之行程提出心得與建議：

一、心得

1. 由於 UIC860 並無資格測試規定，相較於 EN 對鋼軌生產工廠資格則有 7 項測試要求，可見 EN 標準比 UIC 更趨於完善。
2. 新日鐵生產品質控制檢測之鋼軌尺寸公差、平整度、表面及內部品質等測試，係採用全斷面超音波探傷裝置、渦流測試及雷射量測裝置，於生產線上以 100% 之測試頻率執行，除可避免人為之疏失外，亦可提高生產效率及品質，其生產之材料亦有很高之可靠度。

3. 從新日鐵住金已研發完成包括全向式壓延滾軋技術、高速鋼軌磨耗測試機、全斷面超音波探傷裝置、渦流測試及雷射量測裝置等，顯示新日鐵住金不僅具規模及實力之廠商，其對生產品質之要求及技術之提升，從相關機具建置即可看出新日鐵住金之競爭力。
4. 新日鐵住金生產工廠就設計港口旁且有專屬碼頭，整體廠區規劃良好，對增加出貨方面具機動性，並在有效率增加物流下，對於倉儲管理具實質之助益。
5. 參訪積水化工公司所生產之 FFU 合成枕木，其優點具有木材的質感，重量輕、強度高、耐腐蝕，同時不吸水、耐化學腐蝕性強、絕緣佳、保溫性好，兼備了天然木材與塑膠的優點，其對環境保護有利而備受矚目。
6. FFU 合成枕木目前在日本及國外軌道工程，普遍應用在橋樑段、平交道版、機廠及各式道岔路段上，已逐漸取代傳統木枕及混凝土枕，積水化工公司對於生產之 FFU 合成枕木 20 多年來研發經驗與發展，在日本及全世界上屬領導性廠商，於日本軌道工程具有 8 成以上市佔率與鋪設實績，雖國內軌道工程實際用途上並不普遍使用，仍屬成熟性之工程應用材料。

二、建議

1. 本次在工廠實驗室已見到或未見到之各項產品測試，將依廠商提送之鋼軌檢驗測試報告進行會審。
2. 環狀線第一階段目前板橋區段 Y14-Y15 站間變更設計 (AW3)，屬臺高鐵共構案，因土建 DDC 於鋼構橋樑已訂有載重限制之規定，故軌道廠商已將合成枕木納入細部設計，後續將依廠商提文件進行會審。