

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：考察)

高架車站、調車場之施工計畫、營運維持與界面整合

服務機關：交通部鐵路改建工程局

出國人 職 稱：技術員

姓 名：李義彪

出國地區：日本

出國期間：九十二年七月二十四日至八月二日

報告日期：九十二年十月

H4/
C09203791

行政院及所屬各機關公務出國報告提要

系統識別號 C09203791

出國報告名稱：高架車站、調車場之施工計畫、營運維持與界面整合

頁數：52

頁含附件：☐是☒否

出國計畫主辦機關：交通部鐵路改建工程局

聯絡人/電話：王淑芬/02-89691900 轉 2074

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

李義彪/交通部鐵路改建工程局/工務組/技術員/02-89691900 轉 1970

出國類別：考察

出國期期：九十二年七月二十四日至八月二日

出國地區：日本

報告日期：九十二年十月

分類號/目：H4/鐵路

關鍵詞：高架車站、軌道結構設計、省力化軌道、軌道結構試驗

內容摘要：

交通部鐵路改建工程局負責各都會區鐵路立體化工程，並督導東部鐵路改善計畫及協助台灣鐵路管理局捷運化計畫相關鐵路建設之規劃、設計、執行須投注相當心力。累積許多工程經驗，工程執行中基於安全、成本、工期、品質等考量常參考先進國家施工經驗，以如期、如質、如度的完成各項工程。

由於政府財政日趨短拙，部份地區鐵路改建必須採用建設成本較低之高架化型式鐵路系統，本局現執行之南港專案第二細設標(汐止—五堵)即採高架方式辦理，其中配合台鐵局捷運化三處高架車站將配合採用無道碴軌道，其他刻正執行之部份鐵路改建規劃案，亦將朝高架化發展，如台中台南鐵路立體化計畫、桃園都會區鐵路捷運化暨桃林鐵路建設計畫等，所以高架車站之無道碴軌道設計是本次考察重點。

九十二年度派員出國考察「高架車站、調車場之施工計畫、營運維持與界面整合」，恰逢中華民國軌道工程學會組團赴日本進行高架車站軌道施工、設計及界面處理等考察，其成員皆為鐵路建設專業人員，考量考察之最大效果，因此以本計畫加入中華民國軌道工程學會共同組團進行考察，以汲取日本豐富及成熟之鐵路工程經驗，作為鐵路建設計畫及相關工程之參考。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目 錄

壹、考察目的.....	1
貳、考察過程.....	2
參、考察心得.....	4
一、軌道結構設計理論.....	4
二、軌道結構試驗設施說明.....	25
三、軌道結構現地施工考察.....	38
四、高架車站考察.....	49
肆、結論與建議.....	52

壹、考察目的

交通部鐵路改建工程局（簡稱：鐵工局），奉指示負責辦理都會區鐵路立體化工程，旨為將既有台鐵營運路線高架化、地下化及其他功能之改善，自七十八年起已陸續辦理台北車站地下化、鐵路地下化東延松山工程、萬華板橋地區鐵路地下化，現正執行鐵路地下化東延南港工程，並推動高雄地區鐵路地下化、台中台南鐵路立體化及督導東部鐵路改善計畫。

目前世界各國因人口集中都會區及道路年增率遠不及車輛年增率，形成都會區內及城際道路交通日益頻繁與擁塞，同時在近年來降低環境污染及增加能源使用效能之呼聲下，陸運交通中鐵路運輸又再度成為最佳解決方案，此一現象在地狹人稠的台灣更加明顯。

鐵路地下化的成果，已普遍受到民眾的肯定及重視，在未來幾年陸續之重大鐵路建設工程亦將採立體化方式辦理，期能提供大眾運輸之便捷外，亦不致影響平面交通之流暢。高架鐵路車站軌道施工設計、營運界面整合技術是目前國內較欠缺部份，因此有鑑於國內目前在高架車站及軌道結構方面的專業知識仍不完善，因此隨同軌道學會廖慶隆理事長於 92.07.24~92.08.02 一同前往日本考察高架車站、軌道結構設計及界面處理等課題。

此行高架車站、軌道施工設計及界面整合考察、高架車站部份主要為車站佈設方式，軌道工程施工及界面整合部分，包含軌距之決定、軌道道床之選取與佈設、鋼軌伸縮縫與接頭之選取與佈設、道岔幾何及號數、緩衝區設計、基本設計準則、各子系統分界點釐清等，意即完成進行軌道基本設計所需之原則與規定，希望能借助日本豐富之鐵路工程經驗，得以釐清鐵路基本設計及施工的工作內容及其範疇，而未來相關鐵路系統進行基本設計及施工時，有一較明晰的工作分界。

貳、考察過程

7/24(星期四)去程

7/25(星期五)常磐新線建設現場考察

7/26(星期六)東武線建設考察

7/27(星期日)鐵路專業書籍收集

7/28(星期一)彈性枕木直結軌道研討及考察

7/29(星期二)彈性枕木直結軌道研討及考察

7/30(星期三)JR 武藏野線考察

7/31(星期四)彈性枕木直結軌道研討及考察

8/01(星期五)彈性枕木直結軌道研討及考察

8/02(星期六)回程

本次出國計十天，考察過程如下表：

日期 (星期)	地點	行程	備註
92.07.24(四)	台北－東京	去程	
92.07.25(五)	東京	常盤新線建設現場考察	
92.07.26(六)	東京	東武線建設考察	
92.07.27(日)	東京	日本鐵路相關資料、書籍收集	
92.07.28(一)	東京	日本鐵道建設公團技術研討及考察	在日本鐵道建設公團總部進行鐵路建設施工及設計等實務經驗研討及考察
92.07.29(二)	東京	日本鐵道建設公團技術研討及考察	在日本鐵道建設公團總部進行鐵路建設施工及設計等實務經驗研討及考察
92.07.30(三)	東京	JR 武藏野線考察	
92.07.31(四)	東京	日本鐵道總合技術研究所技術研討及考察	在日本鐵道建設公團總部進行鐵路建設施工及設計等實務經驗研討及考察
92.08.01(五)	東京	日本鐵道總合技術研究所技術研討及考察	在日本鐵道建設公團總部進行鐵路建設施工及設計等實務經驗研討及考察
92.08.02(六)	東京－台北	回程	

參、考察心得

一、軌道結構設計理論

日本鐵道建設公團(JRCC)成立於昭和 39 年(西元 1964 年)，迄今 39 年，主要業務為：

- (一)整備新幹線之建設：目前整備計畫路線有北海道(青森~札幌)、北陸(長野)、東北(八戶~青森)、九州(福岡~鹿兒島)及九州(福岡~長崎)共五條新幹線，1300 公里。
- (二)大都市鐵道及地方鐵道之建設：例如此次考察之常磐新線。
- (三)新技術開發：超電導磁氣浮上式鐵道開發、軌間可變電車、高架橋建設技術等。
- (四)海外技術協力(JARTS)：目前台灣有 JARTS 派駐人員協助高速鐵道軌道建設。
- (五)調查・受託事業等。

茲將本次赴日考察心得整理，說明如后：

(一)彈性 PC 軌枕設計

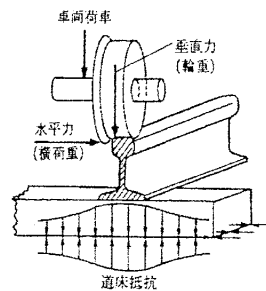
1. 軌枕設計載重

◆輪重

- ◎靜態
- ◎動態

◆橫壓

- ◎靜態
- ◎動態



以列車載重 KS-16 為例

$$\begin{aligned}\text{鋼軌壓力} &= (\text{軸重} \times 1/2) \times \text{分配係數} \times (1 + \text{衝擊係數}) \\ &= 16.0 / 2 \times 0.5 \times (1.0 + 1.0) = 8.0 \text{ tf}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{常時橫壓} &= 3.0 \text{ tf} \times \text{分配係數} \times (1 + \text{衝擊係數}) \\ &= 3.0 \times 0.5 \times (1 + 0.5) = 2.25 \text{ tf}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{偶發橫壓} &= 6.0 \text{ tf} \times \text{分配係數} \times (1 + \text{衝擊係數}) \\ &= 6.0 \times 0.5 \times (1 + 0.5) = 4.5 \text{ tf}\end{aligned}$$

2. 軌枕彎曲力矩與剪力之計算

外力造成之彎曲力矩之計算係考慮鋼軌承受輪重壓在軌枕與道床反力的狀態，採用僅由輪重壓力產生之彎曲力矩，以及由「輪重壓力＋橫壓」所產生之彎曲力矩，取兩者較大值。

剪力為鋼軌垂直向載重與路基反力之不平衡力與橫壓造成力矩之反作用力的總和，軌枕最大剪力必須不大於軌枕混凝土的允許剪應力。

由外力造成之彎曲力矩及預力聯合作用，軌枕斷面應力

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{M}{I_x}y + \frac{Pe}{I_x}y$$

檢核位置：軌枕中央斷面與鋼軌下方之最大彎曲力矩。

原則 PC 軌枕不允許拉應力，只有在較小等級之路線，PC 軌枕才可允許拉應力。

(二) 省力化軌道用土構造物緩衝區設計

探討主題：

◆不同土建結構界面緩衝區設計：例如橋梁與土路基段引道

之界面橋台處；隧道與土路基段之界面。

◆無道碴軌道與道碴軌道界面處理：

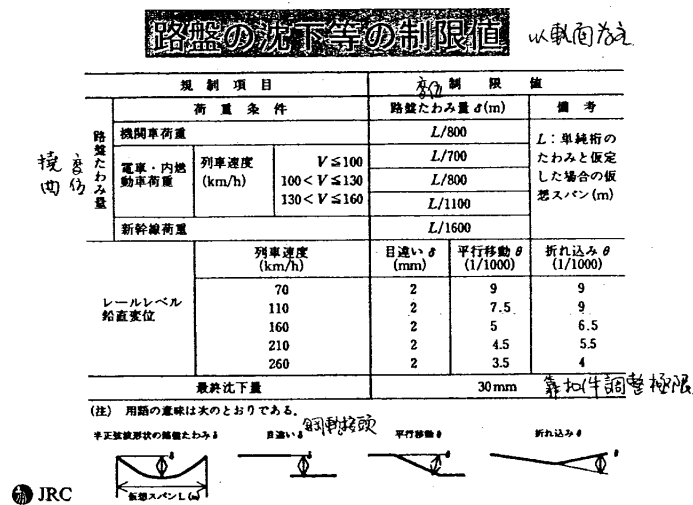
1. 不同土建結構界面緩衝區設計

設計原則：

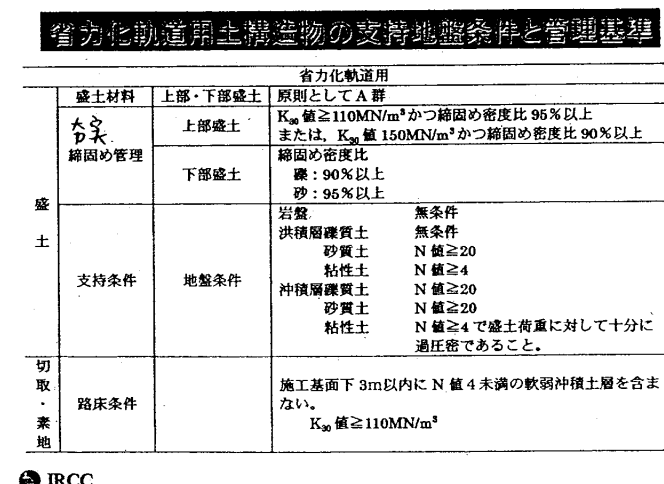
①防止有害之差異沉陷。

②路線路床豎向勁度不要有劇烈變化。

(1)路盤下陷之限制值



(2)省力化軌道用土構造物支持地盤條件



一般省力化軌道不鋪設在土路基段，因為有路盤噴泥、路基下沉等問題，目前日本已克服省力化軌道鋪設在土路基段之問題，只要土路基段級配夯實能達到上表之標準，即可在土路基段鋪設省力化軌道；國內於台鐵彰化—追分段之土路基段已鋪設省力化軌道。

(3)橋台後方技術回填

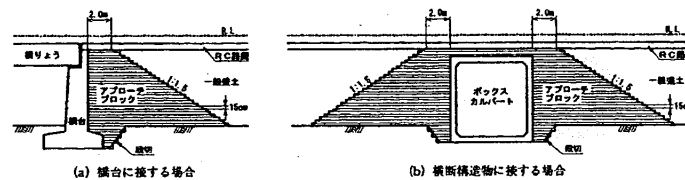
在橋梁與路基的連接處，由於路基與橋梁抗彎勁度差別巨大，必將引起軌道剛度變化，這種變化使行進中的車輪產生了一不平順的衝擊作用，從而使過渡段之填土經常發生不均勻沉陷，鋼軌在過渡點附近極易有較大之差異變位，導致軌面發生彎折。當列車高速通過時必然引起車輛與線路相互作用力之增加，加速線路狀況的劣化，增加線路養護維修成本，嚴重時甚至危及行車安全。在路橋間設置一定長度之緩衝區間，可使軌道剛度逐漸變化，並減小路橋間的變位差。

日本為鐵路先進國家，在處理緩衝區(包括橋台路基、隧道出入口、路基路塹的連接等)方面已有一定基礎，並累積了豐富的經驗，提出了一些經實際試驗為可行的技術措施。依研習講義，所提供之方法如下，主要是在緩衝區較軟的一側，增大基床勁度，減少路堤沉陷：

- ①優良級配填築法：使用強度高、變形小的優質材料(如碎石級配)，可顯著減少橋台背填土自身的壓縮變形，降低對地基豎向加載及對橋台結構的水平土壓力，使路基變形減小。如圖所示

盛土と他の構造物の接続部

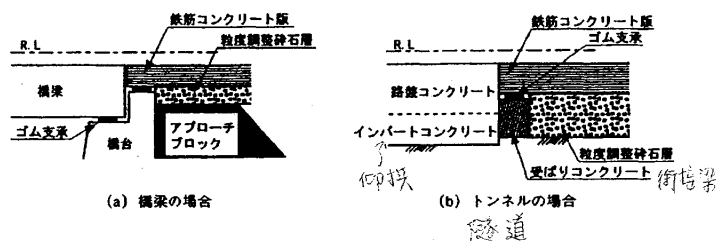
●粒度調整碎石によるアプローチブロックで対処



● JRCC

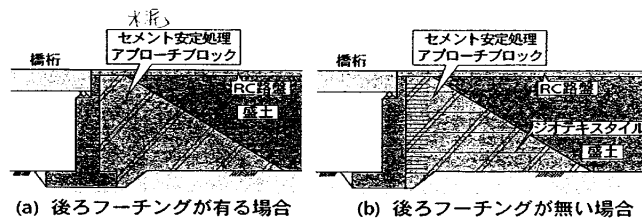
- ② 進橋版法 (Approaching slab) : 在緩衝區範圍內路基填土上澆置一塊鋼筋混凝土版，並使一端支承在橋台上，利用鋼筋混凝土版的抗彎勁度來增大鋼軌剛度。該法在公路系統得到廣泛之應用，也取得良好效果。用於鐵路緩衝區處理，必須注意以下問題：(i) 由於列車荷載更大，速度更快，進橋版將更長更厚，這對進橋版受力非常不利，一旦破損，更換極其困難；(ii) 該處理方法對軌道剛性均勻過渡較有利，但不能減少路堤及地基沉陷，必須配合其他處理措施才能有效控制軌面彎折變形。如圖所示

コンクリート路盤の橋梁等との取付け部

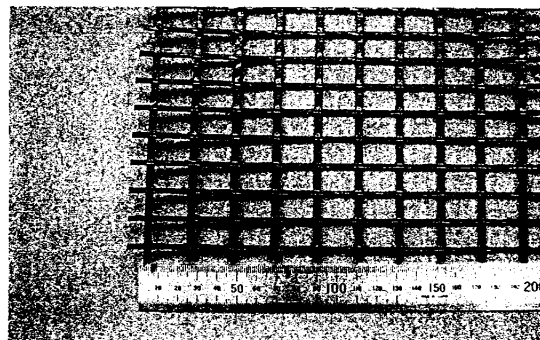


③加勁土壤法：在地震時橋台後方進橋版與橋台之間仍有錯位移動，導致軌道線路變形，所以必須加勁處理，方法為整個橋台後方填土可用水泥安定處理，或埋設一定數量之加勁網(筋)，形成一剛度較大之複合體，能夠將荷載分散至較寬面積上。一是降低橋台背填土側向及豎向所引起之較大剪應力；二是將橋台背與路堤交界面處的階梯或跳躍沉陷變成連續的斜坡式沉陷；三是能大大降低過渡段的沉陷。如圖所示

地震時に対応した橋台形式



ジオテキスタイルの詳細



● JRCC

除了上述方法外，緩衝區處理另有下述兩種方法：

- A. 在緩衝區較軟一側，增大軌道豎向勁度來減小路橋間軌道勁度的變化率，並減少由路橋差異沉陷所引起軌面彎折問題，方法如下：
- a. 透過調整軌枕長度和間距來提高軌道勁度。
 - b. 透過增大軌排抗彎勁度來增加軌道勁度：例如國內使用之加勁軌，由兩根附加在正常軌內側的鋼軌組成，長度約 30m。
 - c. 透過加厚道床厚度來提高軌道勁度：道碴是一種強度高、變形小的優質材料。在緩衝區逐漸增加道床厚度，可使軌道勁度逐步變化。
- B. 在緩衝區較硬的一側，通過改變鋼軌下、軌枕下彈性材之彈性係數或設置道碴底橡膠墊板來調整豎向勁度。

2. 不同軌道結構界面緩衝區設計

(1) 各種型式軌道之彈性係數，如下表：

表 1 檢討對象軌道構造

	有道床彈性 まくらぎ軌道	彈性まくらぎ 直結軌道	合成まくらぎ 直結軌道	合成まくらぎ 直結分岐
レール	60kgレール			
まくらぎ形状	PC-P6E	PC-4D	2.0*0.24*0.2m	L*0.23*0.14m
まくらぎ下弾性材	9.2tf/cmタイプ まくらぎマット	4.5tf/cm まくらぎパッド	10tf/cmタイプ合成樹脂	
道床厚	250mm			
バラストマット	無			
路盤	コンクリート路盤			

表 2 検討対象軌道のばね係数

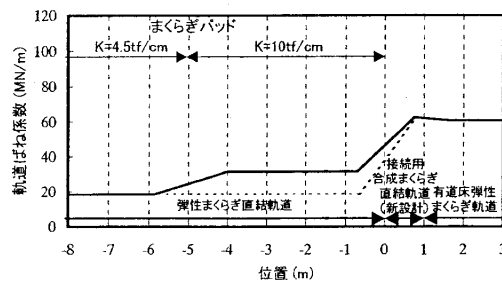
軌道構造	有道床弾性 まくらぎ軌道	弾性まくらぎ 直結軌道	接續用 合成まくらぎ 直結軌道	合成まくらぎ 直結軌道	合成まくらぎ 直結分岐	備考
軌道パッド(合成樹脂)	49.0	58.8	58.8	58.8	88.3	(1)
まくらぎ下軌枕(合成樹脂)	30.0	4.4	91.6	91.6	90.1	(2) = 1/(1/3)+1/(4))
(合成樹脂)			150.0	150.0	150.0	(3)
(合成樹脂)			235.4	235.4	225.6	(4)
レール支点支持ばね係数	18.6	4.1	35.8	35.8	44.6	(5) = 1/(1/(1))+1/(2))
まくらぎ間隔	581	625	500	625	570	(6)
単位長さあたりの分布 レール支持ばね係数	32.0	6.6	71.7	57.3	78.2	(7) = (5)/(6)
軌道ばね係数	60.5	18.4	110.6	93.6	118.1	(8) = (4*(7)) ^{3/4} (E) ^{1/4}

(2)設計原則：

①緩衝區前後不同軌道結構支承合成彈簧 k 值比 $\square 2.5$ 。(目前日本應用最大為 2.4)

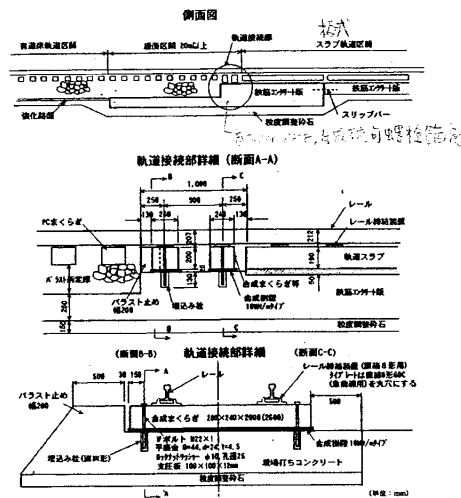
②各緩衝區間長度 5m 以上(鐵道公園建議 20m)。

以彈性直結軌道過渡到有道床彈性之緩衝區設計為例，其彈簧 k 值變化曲線及實際鋪設如下：



(1) 弾性まくらぎ直結軌道と有道床弾性まくらぎ軌道 (case1)

他の軌道・路盤との接続



若橋台處為彈性直結軌道(橋上)與道碴軌道(土路基段)界面處理:

1. 道碴軌道應延伸入橋面 20m。
2. 橋上彈性直結軌道在接近道碴軌道處，原軌枕彈性材 k 值由 4.5tf/cm 變化到 10tf/cm，長度至少 5m。
3. 橋上無道碴軌道與道碴軌道界面範圍 1m 設兩根合成軌枕，以螺栓固定在混凝土道床上，間距 50cm，軌枕下為合成樹脂。

(三)鐵道噪音及振動

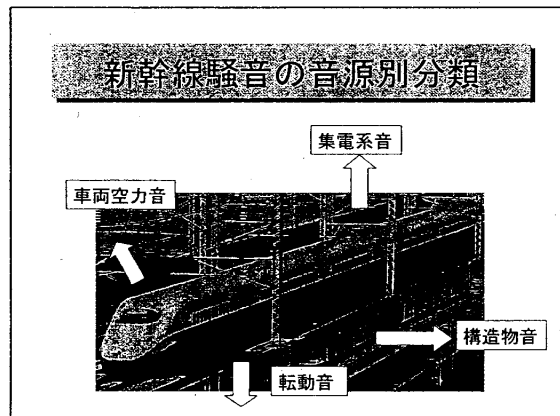
探討主題：

- | | |
|--------|----------|
| · 噪音 | 未來趨勢及預測 |
| · 微氣壓波 | vs. 法規限制 |
| · 振動 | 檢測方式 |

1. 噪音

(1)噪音原分析

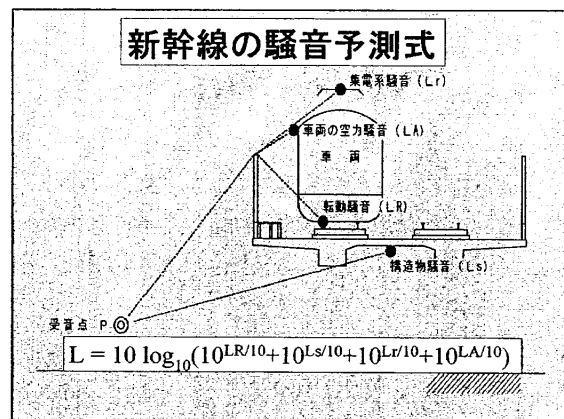
新幹線噪音音源主要為集電系統噪音、車身空氣動力噪音、車輪轉動噪音及土建結構引發之構造物噪音等四項，詳如圖



(2) 噪音測定

新幹線噪音的測定為以軌道中心線側向 25 公尺高度 1.2 公尺處為噪音測定依據(如下圖)：

- ①測定是在新幹線鐵路之上、下行列車合起來，對連續通過之 20 次列車，取其各該列車噪音最高值紀錄之。
- ②測定原則上在屋外之地上 1.2m 高執行，該測試點則為新幹線鐵道噪音之代表地點，另外尚應選定以成為新幹線鐵道噪音問題之場所。
- ③測試時期應避免有特殊氣象條件，同時列車通過速度較平常為低時之測值不予採納。



(3)新幹線鐵道噪音之環境基準

地域類型	基準值
I 住宅區	70dB 以下
II 工業區	75dB 以下

2. 振動

(1) 振動發生機構

振動の發生機構	
①荷重列の移動による強制振動	
②関係構成要素の不整による衝撃や変動	
③関係構成要素に勵起される振動	
列車振動に關係する要素	
要素	細目
車 両	車体、台車、輪軸
軌 道	レール、締結装置、マクラギ、軌道スラブ、道床、バラストマッド、スラブマッド
構造物	盛土・切取、橋梁(ラーメン、桁)、橋梁(コンクリート、鉄、合成)、トンネル
基 礎	直接基礎、くい基礎(既成くい、場所打ち)ケーソンその他
地 盤	地質条件、土の物性、局所構造
建 物	構造種別(木造、CB、RC、S)、階数規模、基礎構造

(2) 振動値予測式

依東海道・山陽新幹線沿線之地盤振動統計解析

$$VL = a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + \dots + a_n \cdot X_n + C$$

予測式條件

列車速度	軸重	距離
220 km/h	16 tf	構造物中心 12.5m

予測式條件考慮其他振動影響因子修正

$$L = VL + dLV + dLW + dLR$$

dLV：速度補正值 dLW：軸重補正值

dLR：距離補正值

一般而言，振動量隨列車速度之增加有稍增之趨勢；
橋梁上構或下構自重及上構抗彎勁度越大，振動量越小；
而不論版式軌道是否有高彈性墊等減振措施，其振動仍較
道碴軌道為大。

(3)測定方法

- ①測試為將上、下行列車綜合起來，原則上取連續通過 20 次車，紀錄每通過列車振動之尖峰標準。
- ②振動評價為(i)之尖峰標準中標準之大小在上位半數者 (最高 10 列車)算術平均值。

(4)新幹線鐵道振動之環境基準

新幹線鐵道振動之補正加速度水平，超過 70dB 地域者，應即緊急採取振動源及障礙防範對策。

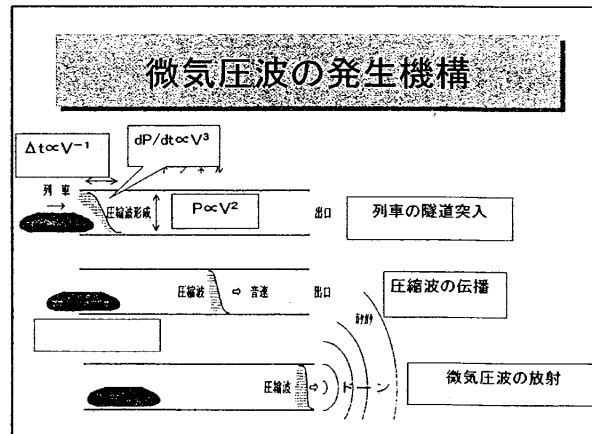
(5)新幹線鐵道振動之防制對策

○ 新設線における主な地盤振動対策	
構造物等	対策工
高架橋・橋梁	重量・剛度の増加 (部材寸法の増加)
隧道 トンネル	トンネルの重量化 (部材厚の増加)
	振動遮断壁 隔震壁
	地盤改良
軌道	レール重量化 重軌化
	防振スラブ
	低バネパット
	弾性(防振)まくら木 バラストマット 道床墊

3. 微氣壓波

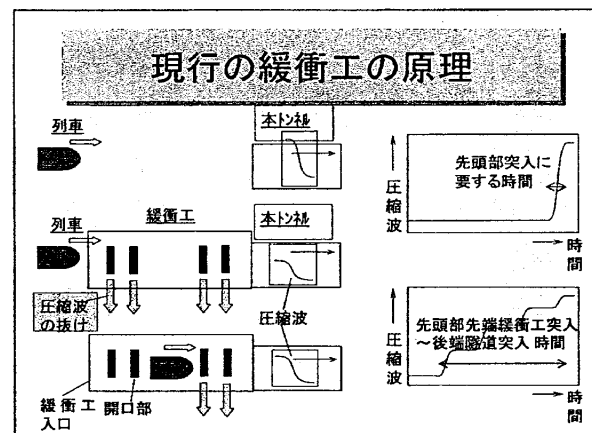
(1) 微氣壓波發生機構

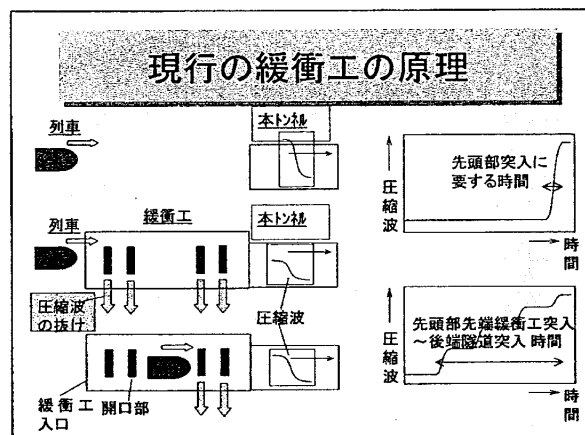
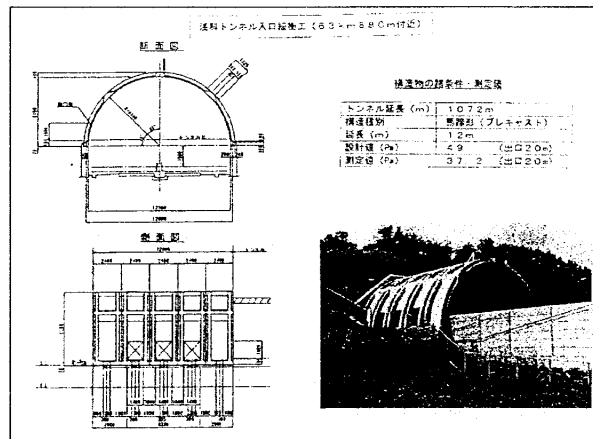
列車高速行駛通過隧道時，隧道內之空氣隨列車之行進被壓縮擠壓，當列車衝出隧道時，於隧道口產生爆裂音，如下圖。



(2) 微氣壓波抑減機制

主要目的在消滅壓縮波之能量，可在隧道出口產生爆裂音處，設置加大斷面之減壓隧道，其原理及方式如下圖





(四)D 型彈性直結軌道之開發

1. 目的：

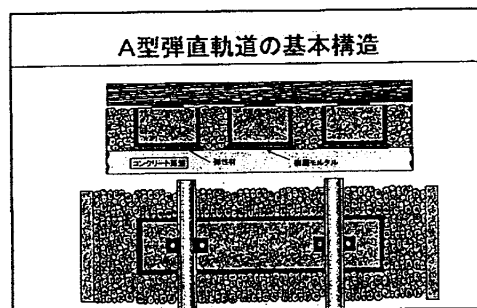
- (1)由於軌道交通量日漸增加以及行車速度上升，軌道運輸所衍生之環境影響問題亦逐漸受到重視。一般來說，欲降低軌道營運對環境產生影響之對策包括(a)增加鋼軌重量。(b)道床質量增加。(c)軌道彈性係數降低。由(c)，彈性直結軌道於軌枕下方佈設彈性材，降低了軌道之彈性係數，進而降低噪音，並減少對週遭環境產生振動，故為一環保之

大眾運輸工具

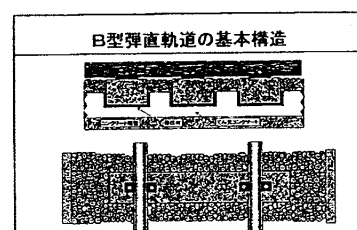
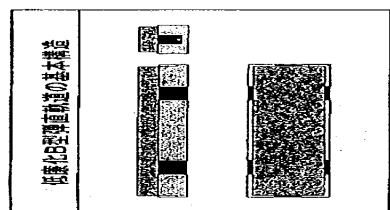
- (2)相較於版式軌道，材料費更為低廉，然施工費時且受天候影響較大，但營運約三年後成本即低於道碴及版式軌道。
- (3)軌道鋪設完成後，仍可調整軌道高程，且營運後之維護均較版式軌道便利。
- (4)重量較版式軌道為輕

2. 演進：

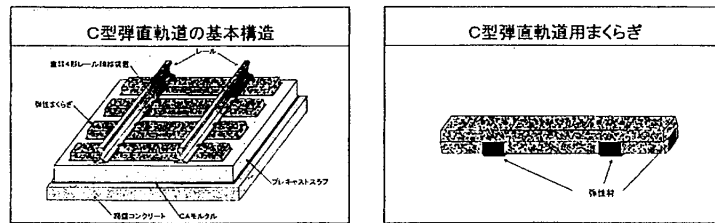
- (1)A 型彈性直結軌道：樹脂填充型，然樹脂材料成本較高，如 1977 年大阪環狀線。



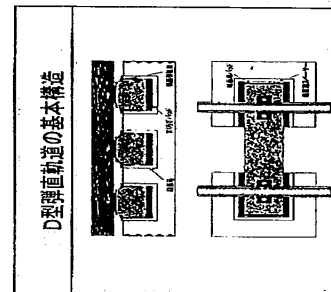
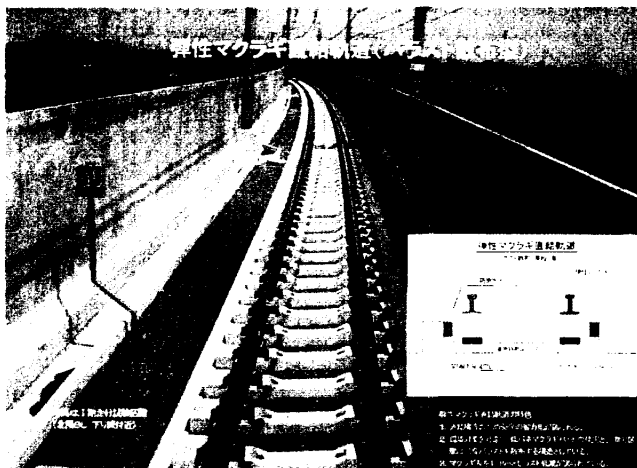
- (2)B 型彈性直結軌道：A 型之改良型，即將樹脂換成混凝土，成本較 A 型為低，但是噪音振動較大且彈性材更換困難，如 1985 年東北新幹線大宮以南段。



(3)C 型彈性直結軌道：使用埋入式彈性材，然而成本亦高且仍未克服彈性材更換困難之問題，如 1994 年關西機場支線。



(4)D 型彈性直結軌道：目前常磐新線使用之軌道型式，可有效地降低列車營運時之噪音與振動，鋪設費用約為 B 型彈性直結軌道的四分之三，道床構造及彈性材價格均較為低廉，且扣件間距得以增加，間接降低了軌道鋪設之成本，具備了價格低廉及構材更換容易等特性。



(五)長鉸鋼軌之理論與應用

長鉸鋼軌的使用，由於軌道伸縮縫設置的減少，降低了列車營運所產生噪音與振動，同時增加乘車舒適度、減少鋼軌之損耗。然而相較於定尺軌，長鉸鋼軌在受到溫度變化時所可能產生之軌道挫屈或斷軌等問題，均為營運時重要之安全課題，故而近年來軌道相關單位均投入大量人力物力於長鉸鋼軌理論及試驗，期使長鉸鋼軌之理論與應用更為完善，使軌道運輸成為更具魅力之大眾運輸方式。

1. 現行鋼軌安全規定

(1)規定項目：

常時：

(a)衝擊係數

$$i = \frac{\delta_{dynamic} - \delta_{static}}{\delta_{static}} = K_a \cdot \alpha + \frac{10}{65 + L}$$

$$\alpha = \frac{V}{7.2n \cdot L}$$

其中

n ：構材之基本頻率(Hz) K_a ：係數($\alpha \leq 1$ 時 $K_a=1$)

V ：列車之最高速度(km/h)

L ：跨徑長(m)

α ：速度參數

(b) 相對變位

現行標準の関連規定と設定経緯					
■ たわみ限度 (使用限界状態に関する検討)					
機関車 電車・内燃動 車車両重	スパン L (m)		0<L<50		L≥50
			L/800		L/700
	スパン L (m)		0<L≤20	20<L≤50	L>50
	半連の場合 最高速度 V (km/h)	VS100	L/700		
		100<VS130	L/800		L/700
		130<VS160	L/1100		L/900
		2 連以上連 続する場合		VS100	L/800
	最高速度 V (km/h)	100<VS130	L/1,000	L/1,100	L/800
		130<VS160	L/1,300	L/1,400	L/1,200
新幹線両重	スパン L (m)		0<L≤40	40<L≤60	50<L<100 L≥100
	単連の場合		L/1,600		
	2 連以上連続する場合		L/1,800	L/2,000	L/2,500 L/2,000

注) 表の値は、機関車車両重では 130km/h、新幹線では 260km/h までの列車速度に対して適用する。

単線載荷、使用状態の列車荷重

2003.7.31 Railway Technical Research Institute, Structural Mechanics Laboratory

(c) 行走安全之判定

A 限度：(常時標準)

(i) 脱線係数 $Q/P=0.8$

(ii) 輪重減少率 $\Delta P/P_s=28.1\%$

(iii) 横壓 $Q=4.8tf$

B 限度：(i)1.2(ii)33.7%(iii)6.4tf

C 限度：(i)1.2(ii)66.7%(iii)7.8tf

(d) 軌道折角

現行標準の関連規定と設定経緯

■ 角折れ・目違い限度 (使用限界状態に関する検討)

方位の方向	最高速度 (km/h)	目違い (mm)	角折れ θ (1/1,000)			
			平行移動		折れ込み	
			L<30m	L>30m	L<30m	L>30m
鉛 直	70	2	9	9	9	9
	110		7.5	9	9	9
	160		5	6	6.5	7
	210		4.5	4	5.5	4.5
	260		3.5	3	4	3
	70		6	6	6	6
水 平	110	2	4	5.5	5	6
	160		3	3	3.5	4
	210		2.5	2	3	2.5
	260		2	1.5	2.5	2

2003.7.31 Railway Technical Research Institute, Structural Mechanics Laboratory

(2)考慮構造物於動態荷重下之設計規定可參考：鐵道構造物
等設計標準同解說—

鋼合成構造物(1992)

混凝土構造物(1992)

鋼和混凝土複合構造物(1998)

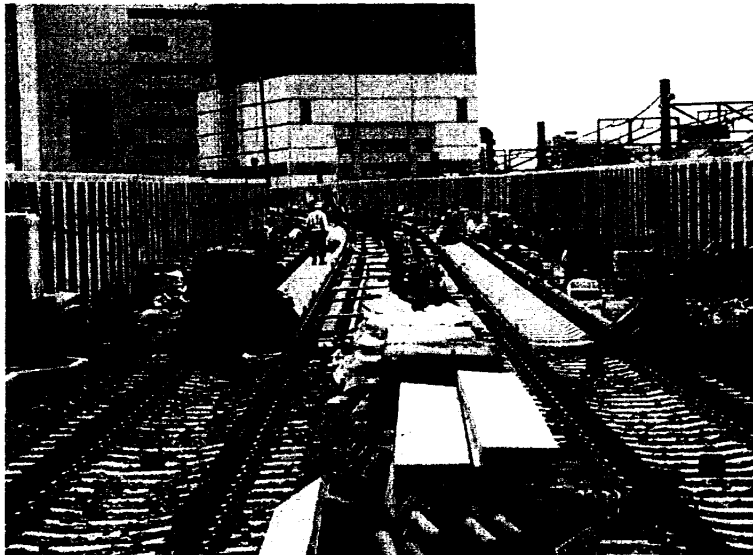
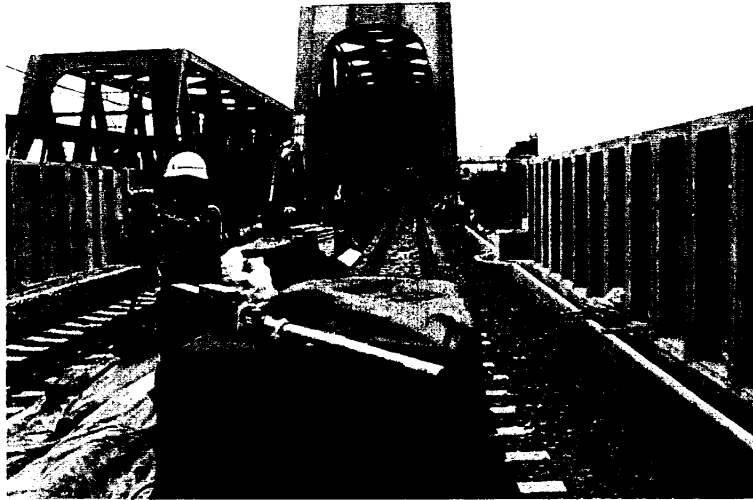
耐震設計(1999)

2. 日本現行長鉚鋼軌鋪設時之工作溫度

為避免鋼軌於溫度過低或過高時鋪設，使得日後於溫度變化劇烈產生過大之應力，規定鋼軌鋪設時之工作溫度在 50 kg N 型鋼軌為該處鋼軌可能達到最高溫度減 40℃及最低溫度加 40℃之區間方可鋪設，在 60 kg 鋼軌為該處鋼軌可能達到最高溫度減 35℃及最低溫度加 40℃之區間方可鋪設，若鋪設時之溫度不符上述規定時，則可以其他方式將鋼軌加溫、降溫或施加軸力於鋼軌使其預先產生伸長或縮短量，以模擬鋪設時之標準溫度。

3. 緩衝區之設置

列車行經道碴軌道與版式軌道交界區，應設置適當之緩衝措施以保護鋼軌。相關說明另詳本章第二節省力化軌道用土構造物緩衝區設計(第 4 頁)。



4. 鋼軌伸縮縫之設置

鋼軌伸縮縫的設置原因通常有 2 種：(1)鋼軌於溫度變化下若產生之軸力大於 100tf，或是斷軌時之開口量大於 70mm；(2)道岔前後處。

由於緩和曲線及豎曲線處為一般軌道維修頻繁處，故應避免於該處設置鋼軌伸縮縫。

鋼軌伸縮縫的設置方式有兩種，一為伸縮接頭(E. J.)，一為緩衝軌。根據台鐵長軌養護規範規定，長軌兩端以使用伸縮接頭為原則，但溫度變化小且幾乎不發生爬行之區域，得以緩衝軌代替。根據日本經驗，緩衝軌之設置僅適用於隧道內溫度變化較小處，其餘條件則一律採用伸縮接頭設置(曲率半徑介於 300M~600M 的區域需特殊處理)。

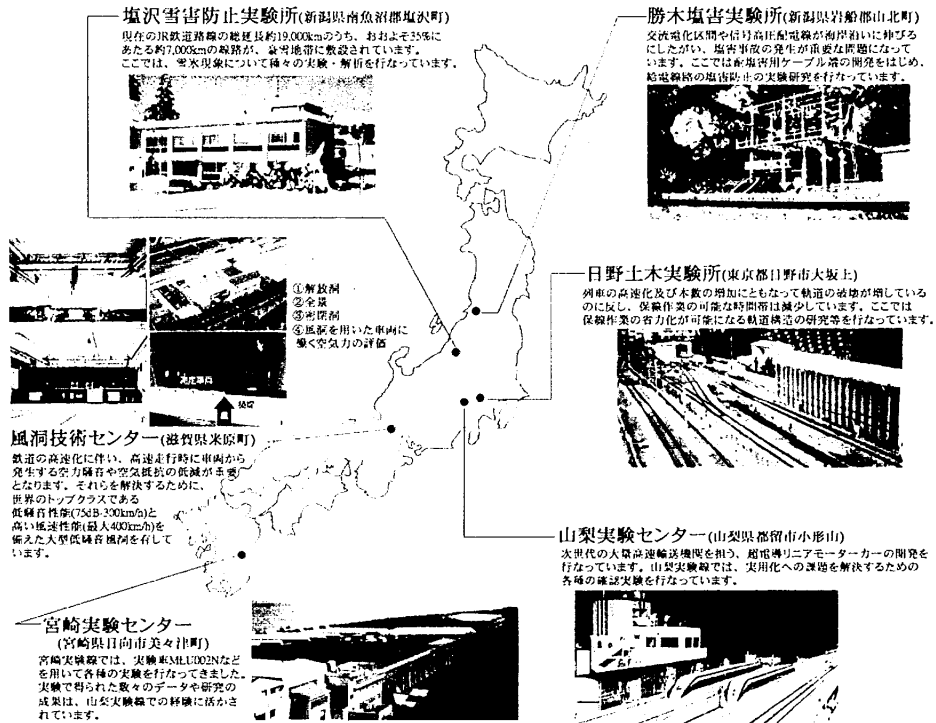
5. 軌道結構互制

鋼軌於溫度變化下所產生之爬行力作用於高架橋上以一軌道 1.0tf/m 模擬，一軌道以不超過 200tf 為原則。結構設計時應考量結構配置、斷面尺寸、伸縮縫及支承配置以避免鋼軌引致過大之溫度力及地震力。

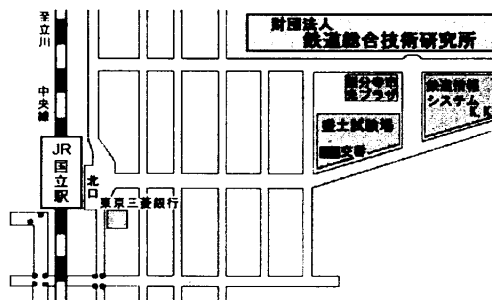
二、軌道結構試驗設施說明

鐵鐵道總合技術研究所為日本最大之軌道研究機構，其下有許多試驗室散佈於日本各地，研究項目包括雪害、鹽害、風洞試驗、磁浮列車及其他與軌道相關之試驗。本次參訪的是位於東京都 JR 國立站的國立研究所及位於東京都日野市的日野土木實所。

実験所一覧



(一) 国立試験室



1. 高速車輛試驗室

為了實際模擬新幹線各式車輛之行駛狀態，並對某些無法於營運路線進行測試之項目，諸如軌道挫屈、軌道不整等進行試驗而設置此高速車輛試驗室。由於目前車輛營運最高速度約為 300~350 km/h，因此試驗室設置最大軸重出力 80T，最高模擬車速 500 km/h，為測試輪軌互制、開發新式車輛之重要設備。

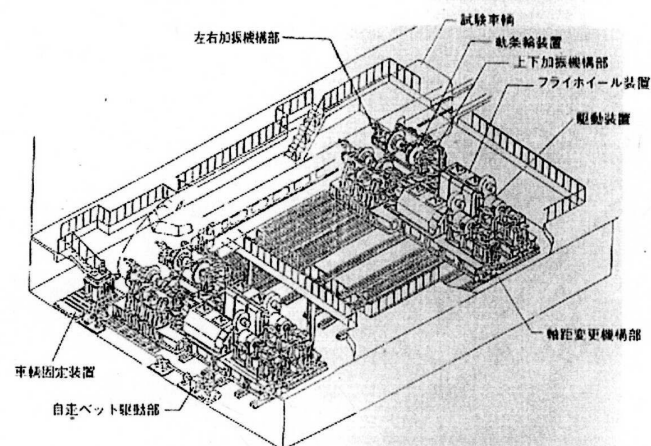
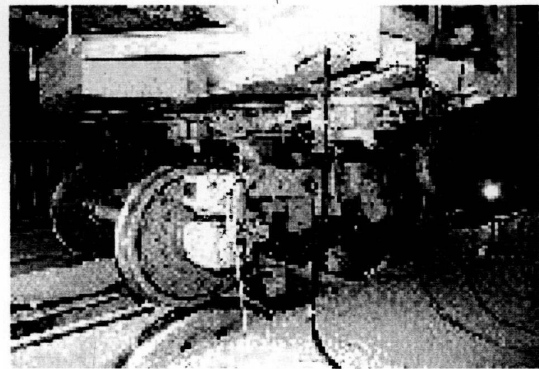
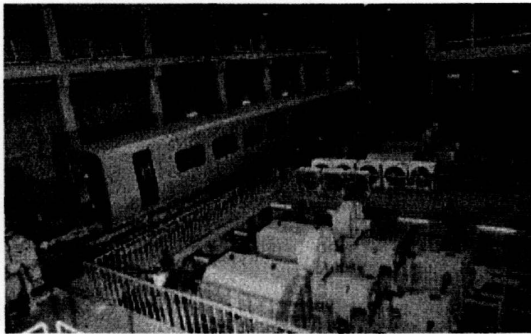


圖1 試驗裝置外觀

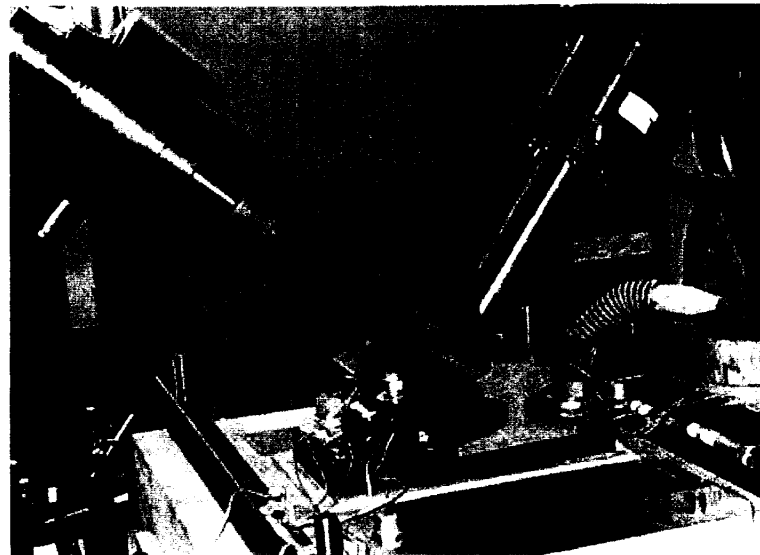
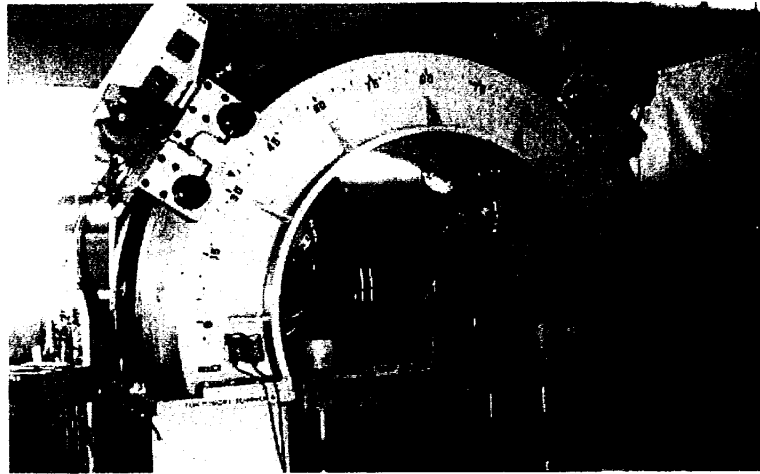
2. 集電試驗裝置

國立研究所內鋪設有全長 500 m 的集電試驗裝置，是研究導電軌及其他集電線路於列車營運狀況下之動態反應所不可或缺之設備。可在最高為 170 km/h 的車行速度下進行試驗，並可對不同路況、軌道系統、道岔、高架橋等進行模擬。



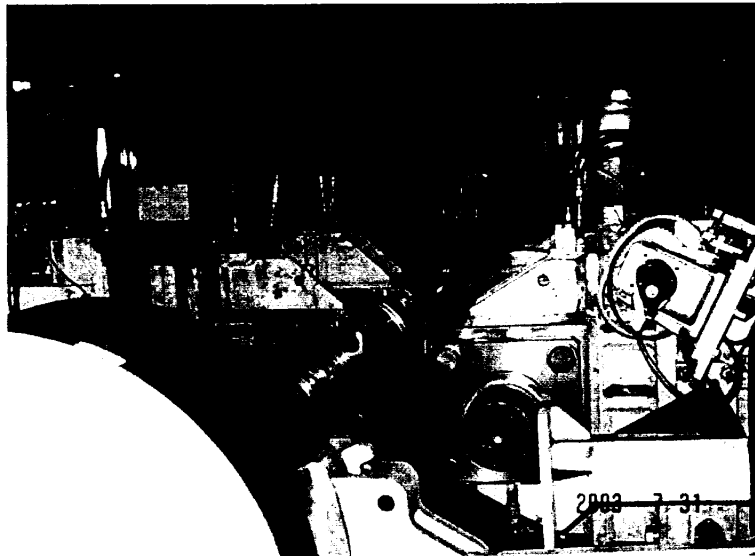
3. 軌道締結裝置用四軸疲勞測試機

可施加實際車軸載重以模擬軌道扣夾系統受力疲勞等狀況。此一設備已為各家 JR 公司採用作為測試軌道扣夾系統之依據。試驗裝置包含兩支最大出力 160kN、位移量 20 mm、頻率 15Hz 之主促動器，一支最大出力 25kN、位移量 20 mm、頻率 15Hz 之垂直促動器，及一支最大出力 30kN 之水平促動器。



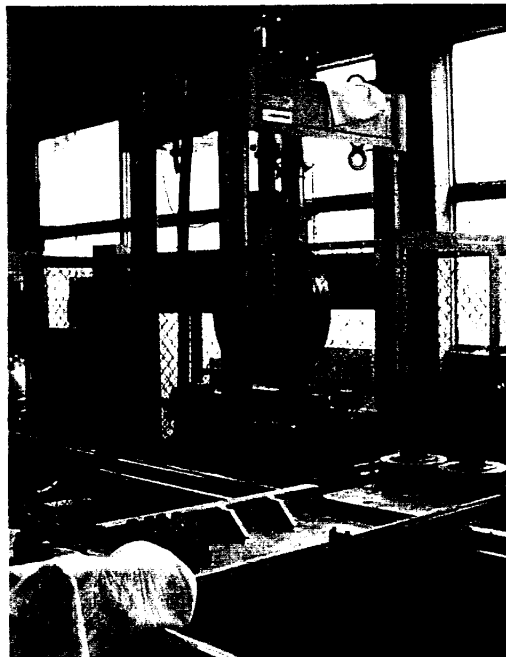
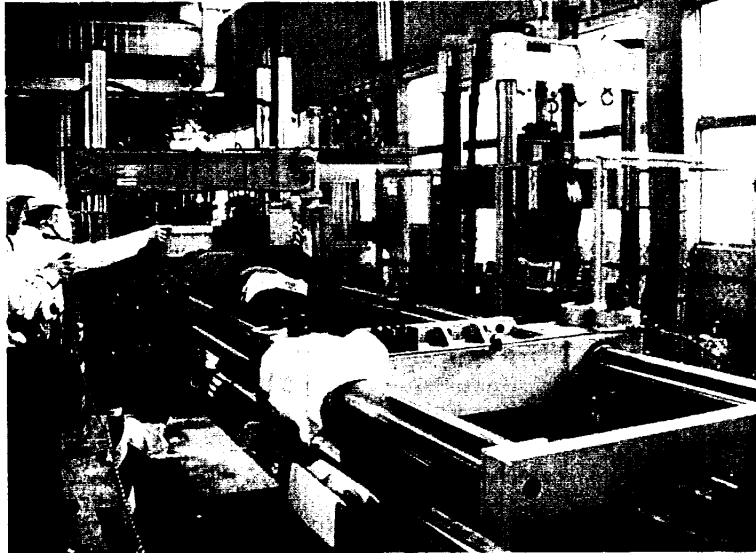
4. 鋼軌車輪高速磨耗及疲勞試驗

無論是新幹線或是在來線，長久以來，軌角的磨耗及鋼軌的疲勞始終佔了龐大的維護成本，然而其破壞機構至今仍未完全明瞭。此試驗室之設置可模擬各式車輛於不同速率行經不同曲率半徑之軌道，以監測鋼軌之磨耗、疲勞及輪軌間互制效應。



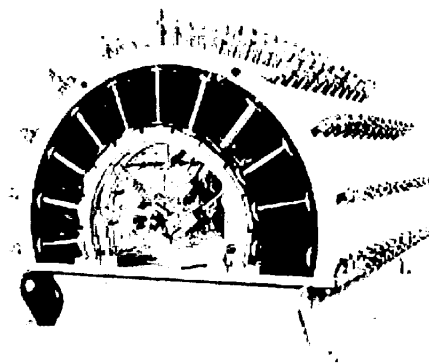
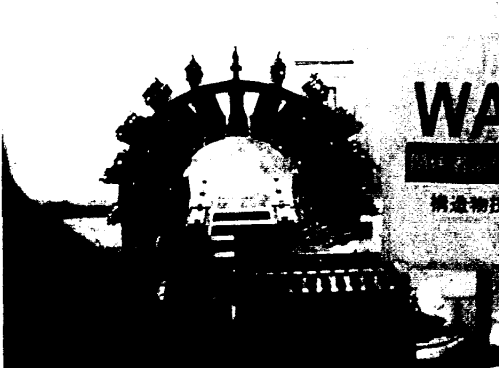
5. 鋼軌疲勞試驗裝置

備有側向 750KN 及軸重 1000KN 之油壓千斤頂，對於曲線鋼軌之試驗則備有側向 300KN 及最大 1 公尺位移裝置所組成的軌道運轉測試機。



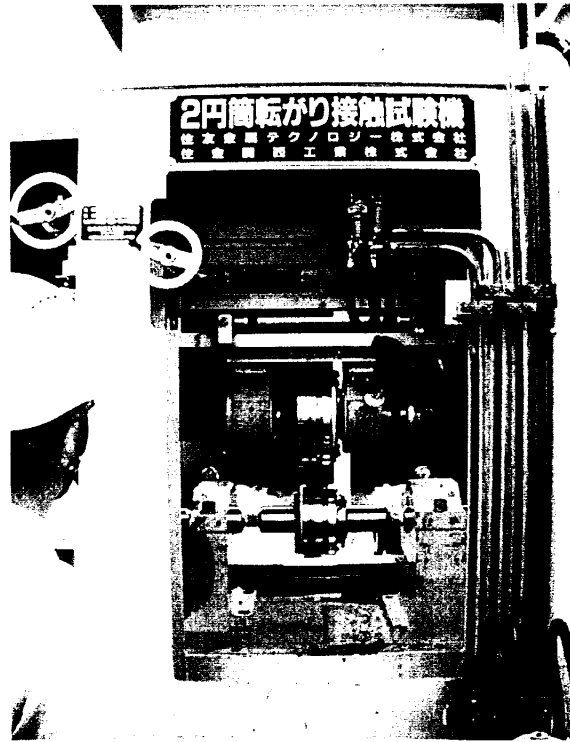
6. 隧道覆工模型試驗裝置

為研究老舊、變形隧道所開發之對策工法須進行試驗以為佐證。此試驗裝置能夠模擬地盤和覆工面(隧道壁面)之相互作用，為一三度空間之試驗。



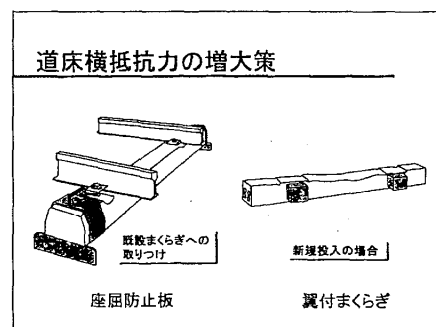
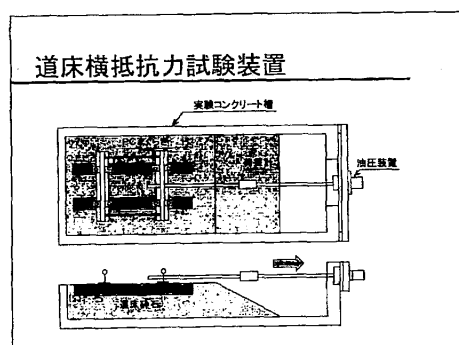
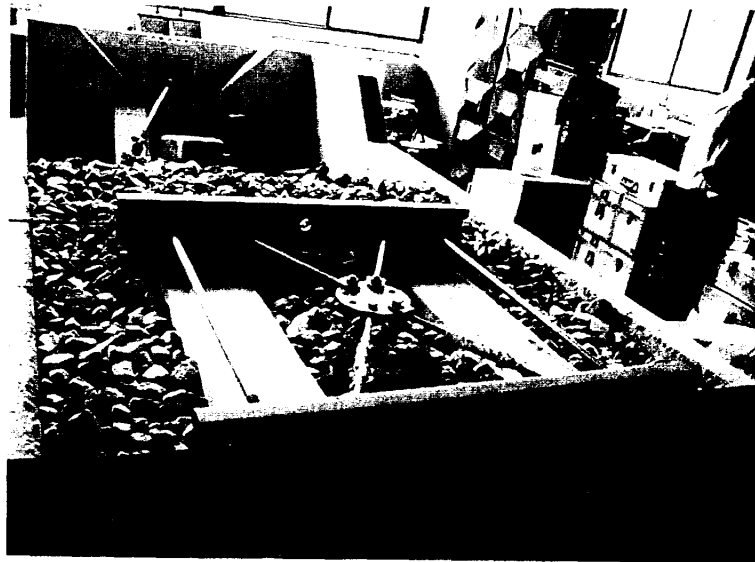
7. 二圓轉筒接觸試驗機

車輛行駛時軌道和車輪材料強度之關係是一項重要的課題。相較於現有同類型之大型試驗機具，此試驗機更能精確模擬軌道和車輪間接觸之作用力，且對於更換不同之車輪，各項細部觀察之進行更為方便。

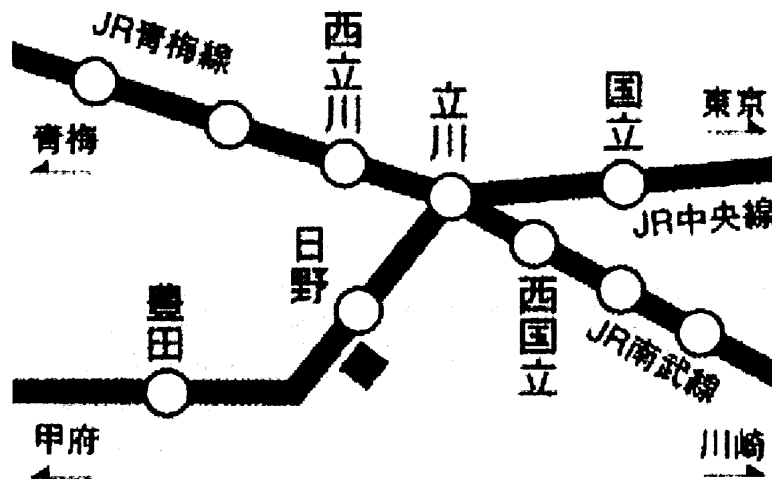


8. 道床横向抵抗力試験装置

藉著油壓千斤頂施加橫向力於鋼軌上，量測道床於受橫向載重時所能產生之橫向抗力，若是道床橫向抵抗力不足時所加設之擋板亦可以此裝置進行測試。

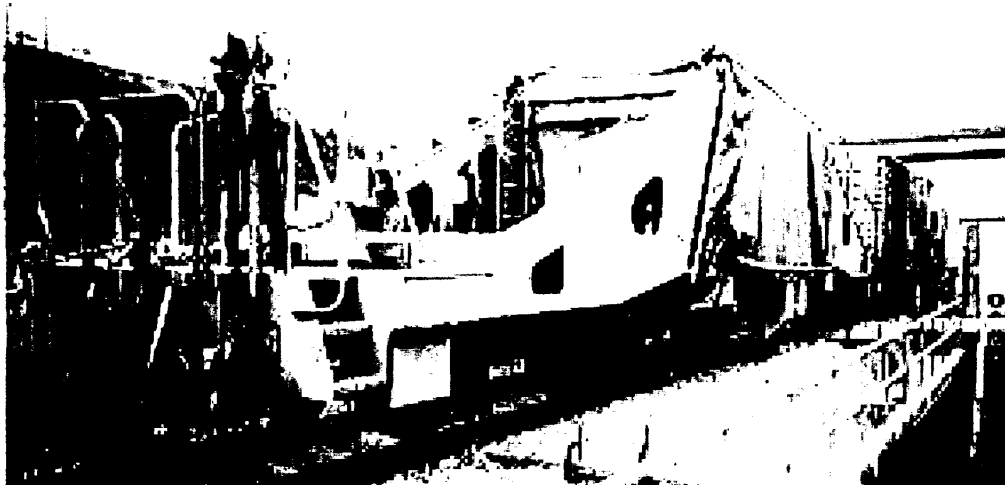


(二)日野土木實驗所



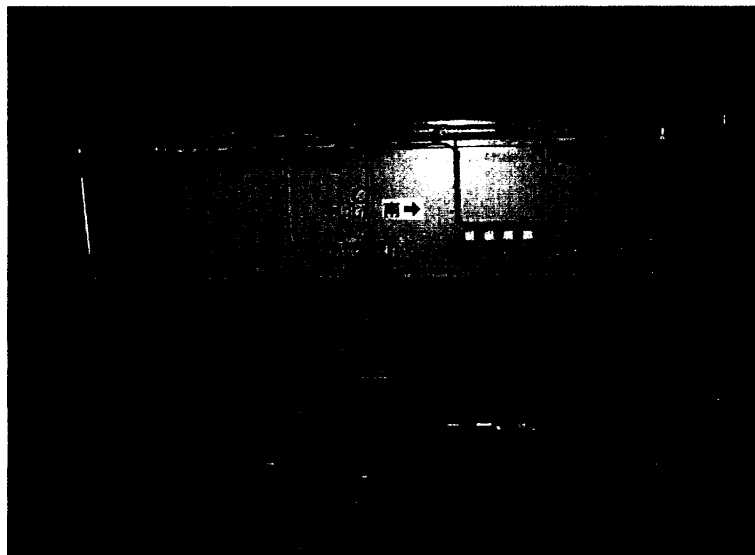
1. 移動式軌道動態載重試驗機(DYLOC)

這是針對在實際軌道上進行靜態與動態、垂直軸重與水平荷重之試驗裝置，試驗段軌道包含了傳統道碴及版式軌道、彈性直結軌道、道岔段、鋼軌伸縮縫段、變軌距段、高架橋段及四線式軌道段。對於新開發之軌道系統與正在營運之線路提供了噪音，沉陷或其他與軌道相關之試驗；此外 D 型彈性直結軌道亦在日野土木實驗所高架橋利用此試驗機進行靜載重、移動載重、水平垂直抗力及耐久性試驗。



2. 綜合路盤試驗裝置

這是一種於實尺寸軌道進行往覆載重模擬的設備，針對不同路基狀況、軌道系統、噴泥現象、軌道變位及路盤改良工法之研究提供了試驗依據。



三、軌道結構現地施工考察

常磐新線以東京都之秋葉原為起點，經埼玉縣、千葉縣，進入茨城縣，全長 58 公里，為東京都與周邊都市間之快速鐵路。1985 年 7 月日本運輸政策審議會通過「建構以東京都為中心之高速鐵道交通網之興建計畫」中，已將常磐新線之位置路線列為必須興建之運輸骨幹之一，並預計 2005 年通車，其計畫路線請參見圖 4.0-1。

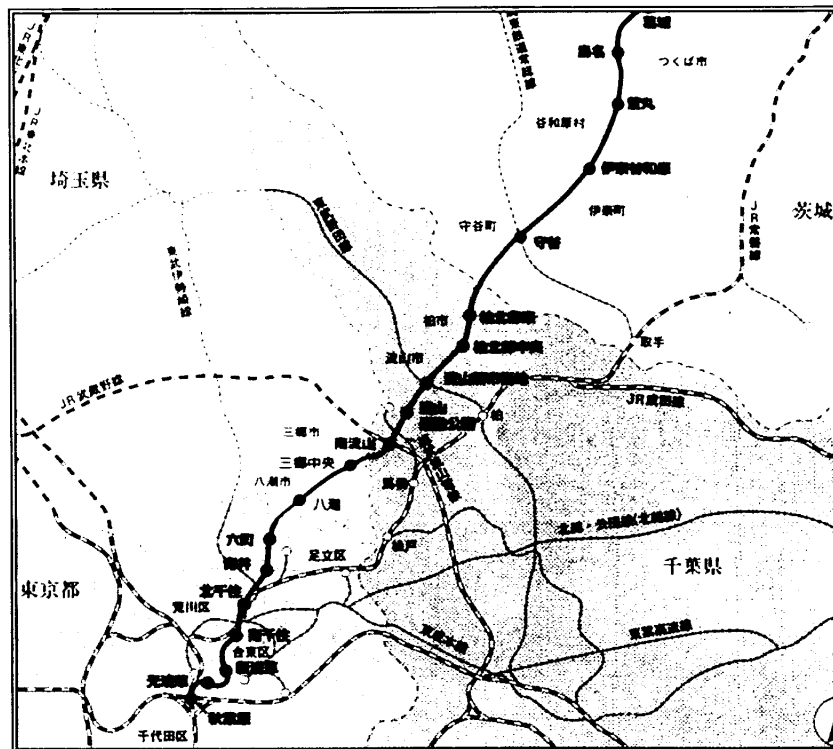


圖 4.0-1

本路線經考量了對環境的影響性、養護之便利性、經濟性、施工性及地盤沉陷等因素後，於高架橋段、明挖覆蓋隧道段，潛盾隧道段採用彈性直結軌道，在土路基段則因沉陷的因素及跨河橋段因縱向伸縮量的因素下，則採用道碴軌道，其軌道結構配置概況如圖 4.0-2。

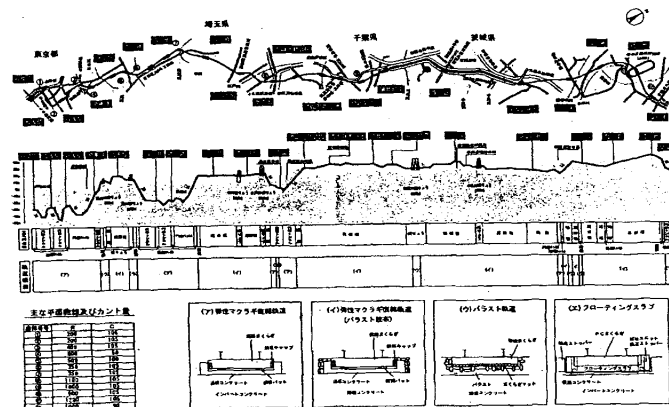


図-2 つくばエクスプレス軌道構造図

本次隨同日本國土交通省鐵道部前往常磐新線考察軌道工程，參觀路段有三部分，分別是八潮車站週邊、六町車站及荒川橋。其土建工程已接近完工，並進行至軌道鋪設階段，茲分別說明如下。

(一)八潮車站週邊軌道施工考察(圖 4.1-1)

八潮車站為一高架車站，其週邊高架橋區均採三跨連續橋型，其型式如圖 4.1-2。橋上軌道結構採用彈性直結軌道，並佈設長銲鋼軌，以達到省力化軌道之目的。



圖 4.1-2



圖 4.1-1

中關於彈性直結軌道在高架橋段鋪設之流程可分成 5 個部分，茲分別說明如下：

1. 鋼軌搬入

先透過吊車將定尺鋼軌搬入高架橋內，再將鋼軌搬運至適當位置，如圖 4.1-3。

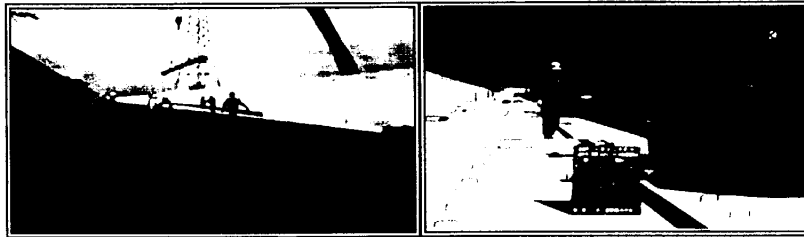


圖 4.1-3

2. PC 枕搬入

先透過吊車將 PC 枕搬入高架橋內，再將 PC 枕搬運至適當位置，如圖 4.1-4。



圖 4.1-4

3. 鋼軌假組立

將鋼軌與 PC 枕作假組立，如圖 4.1-5。



圖 4.1-5

4. 鋼軌定位校正

以鋼軌定位尺定出軌道中心高程、軌距、超高，並調整固定鋼軌之螺栓以修正到目標值，如圖 4.1-6。

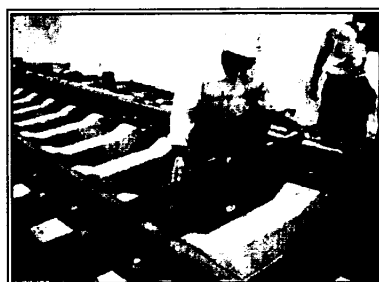


圖 4.1-6

5. 鋼筋組立及混凝土澆置

以混凝土泵浦及輸送管將混凝土送至適當位置，混凝土澆置時採一組工班 19 人工作，並依照混凝土倒入，搗實，抹平三部份分工施作，如圖 4.1-7。



圖 4.1-7

除了以上標準流程外，其他相關施工照片說明如下：

混凝土灌漿處以塑膠套包覆鋼軌，並放置一擋板避免混凝土直接澆置在鋼軌上。另外，震動機置於台車上，使其得以沿著鋼軌前進，如圖 4.1-8。



圖 4.1-8

預鑄電纜槽蓋板與電纜槽側牆頂接觸面上施作環氧樹脂
以減低列車經過時電纜槽蓋板之振動，如圖 4.1-9。



圖 4.1-9

道床混凝土下緣排水孔，如圖 4.1-10。

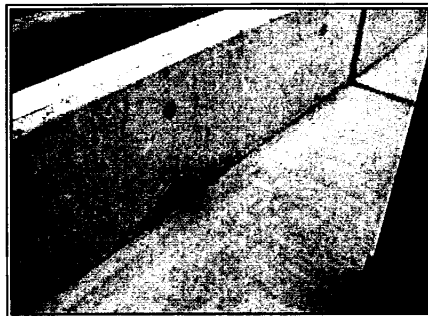


圖 4.1-10

道床混凝土採濕治養護，如圖 4.1-11。

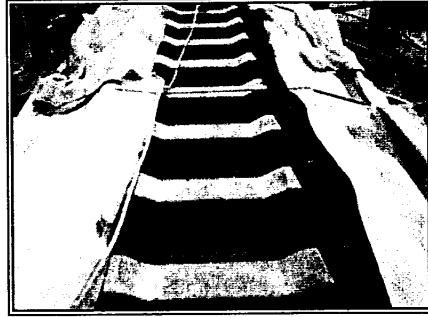


圖 4.1-11

紅色小點為鋼軌定位放樣點，以定位尺上的雷射光對準紅色小點放樣，如圖 4.1-12。

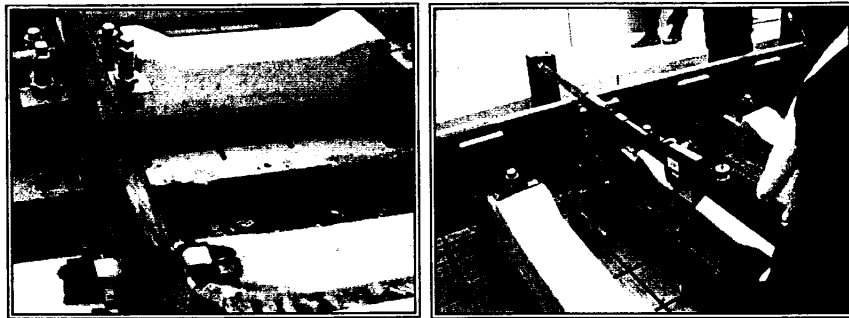


圖 4.1-12

(二)六町車站軌道施工考察(圖 4.2-1)

六町車站為一地下化車站，採明挖覆蓋隧道施作。關於彈性直結軌道鋪設流程與高架段最大的不同點在於鋼軌搬入及混凝土澆置方式，其餘則大致相同，故以下針對這兩部分加以說明：



圖 4.2-1

1. 鋼軌搬入

須透過預留出土口將定尺鋼軌搬入地下隧道內，再將鋼軌搬運至適當位置，如圖 4.2-2。

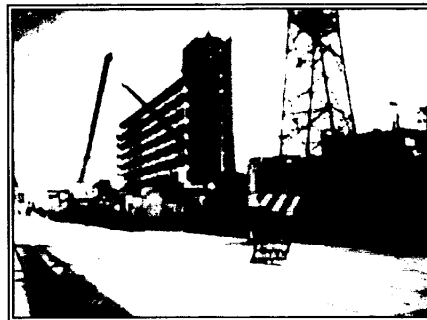


圖 4.2-2

2. 鋼筋組立及混凝土澆置

混凝土澆置時無法如高架橋段以泵浦及輸送管將混凝土送至定點，故需靠混凝土台車將混凝土送到預澆置之地點，如圖 4.2-3。



圖 4.2-3

(三) 荒川橋軌道施工考察

荒川橋位於東京都內北千住車站旁，為日本目前跨度最大之鐵路桁架橋，其主跨有 192.85M，如圖 4.3-1。在本案下，因考量橋上縱向伸縮需求，故於橋上鋪設道碴軌道，如圖 4.3-2，並向土路基段延伸 20M 進入高架橋段後，方改為彈性直結軌道，如圖 4.3-3。

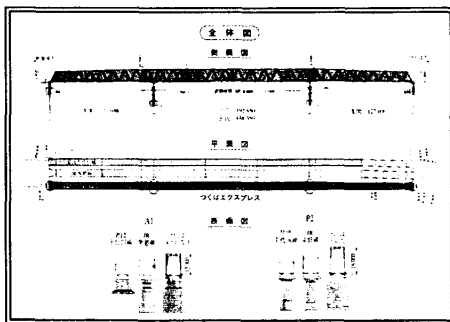


圖 4.3-1

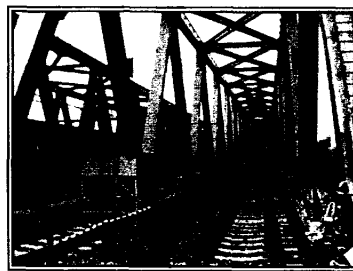


圖 4.3-2

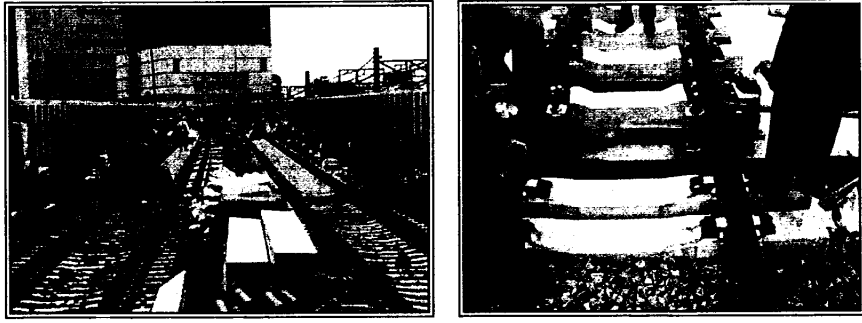


圖 4.3-3

在道碴軌道與彈性直結軌道之交界處通常會配置兩支合成枕作為緩衝區，但本段道碴軌道 PC 枕下方均膠結彈性墊以改善道碴道床之勁度，故本段之交界處並無設置合成枕作緩衝軌，如圖 4.3-4。

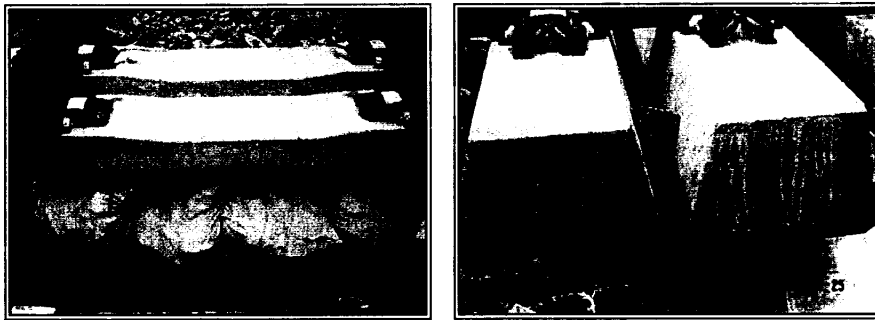


圖 4.3-4

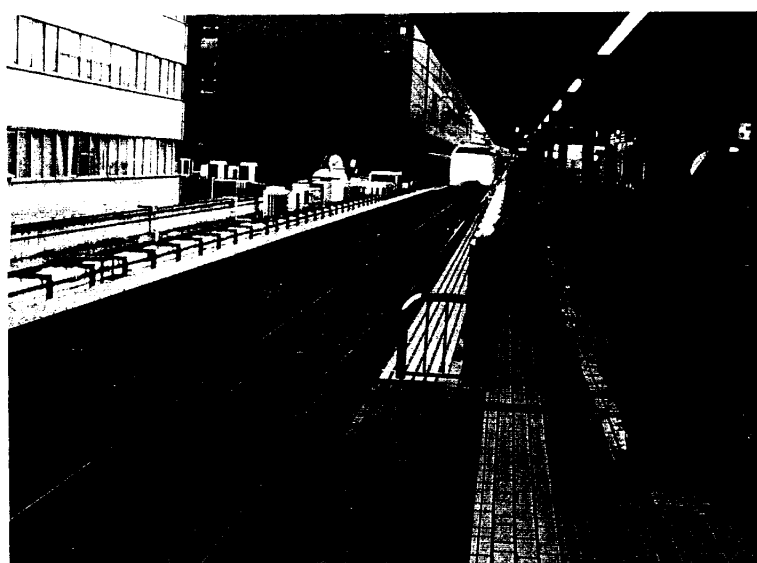
四、高架車站考察

東京都會區與台北相同是人口集中的城市，但日本東京鐵路運輸系統發展的相當早，整體路網已幾近完成，大眾運輸之可及性相當高。日本在整個路網建設中亦因受限於已成形之都會區，鐵路運輸系統必須採立體化的方式辦理，因此整個路網除地下鐵外，幾乎採高架方式辦理，由於路網交錯，多數車站均有兩條以上路線通過，而且可能是各隸屬於不同營運公司，因此在站區內各路線間的轉乘或是透過聯通道轉乘，均有不同營運單位共用車站，或聯通道設施的狀況，在多條路線可轉乘使用之車站，往往造成很大的轉乘空間及人潮通行，所以車站常與百貨公司或商場作聯合開發。

高架車站在已成形的都會區構建，往往受制於用地取得不易，相關配置並無法配合實際需求，在日本高度重視旅客安全的國家，設置許多維護旅客的設施如月台安全欄桿、安全門等，避免擁擠的人潮掉落軌道區、月台間隙過大區及有較大行李車箱附有通道踏板供旅客使用。



一、日本高架車站



二、高架車站月台邊設有安全護欄

三、間隙過大處有通道踏板



肆、結論與建議

- 一、日本的地理環境與台灣相似，由於日本政府對鐵道建設的重視，因此日本各大都市及觀光據點，皆已完成完整的鐵路路網，目前仍積極佈設各綿密的鐵道路網。另因日本企業皆鼓勵員工使大運輸工具，因此整個日本有足夠的運量供其發展更完善的路網，這些都是值得學習與效法的地方。
- 二、日本各車站為方便旅客轉乘，以人就車的設計理念，在一區域範圍內共站設置有各種交通工具(如新幹線—地鐵、JR 區域鐵路、公車等)，其詳細的動線指引及車站聯合開發多用途使用(旅館、餐飲、百貨公司、商店街、租車、觀光服務)，提供旅客快速疏散、轉乘及其他之便利。
- 三、國內過去軌道施工都採性能標方式，承包商直接引進國外技術施作，故軌道結構設部份的技術及經驗並未能有本土化，且國內目前對於軌道設計的相關範也尚未制定完成。但隨著軌道建設的蓬勃發展，軌道設計及施工，應逐漸由國內相關團體機構自行設計，因此本次之考察及研討，可供日後軌道設計及施工參考。
- 四、高架車站受制於已成形之都會區，用地取得不易，當有共站及共用軌道的設計另高架交叉及重疊使用亦是高架車站解決用地不足的方法。