

出國報告（出國類別：考察）

# 考察日本鐵路工程設計及施工技術 與典章制度規範之發展

服務機關：交通部鐵路改建工程局

姓名職稱：吳志仁簡派工程司、葉志銘科長

派赴國家：日本

出國期間：101年11月4日至11月9日

報告日期：102年2月6日



## 行政院及所屬各機關公務出國報告提要

頁數： 88 頁含附件 是 否

報告名稱：考察日本鐵路工程設計及施工技術與典章制度規範之發展

主辦機關：交通部鐵路改建工程局

聯絡人/電話：王小蓮/02-89691900#1910

出國人員/服務機關/單位/職稱/電話

吳志仁/鐵路改建工程局/局長室/簡派工程司/02-89691900#2106

葉志銘/鐵路改建工程局/工務組/科長/02-89691900#1960

出國類別：技術交流

出國期間：101 年 11 月 4 日至 101 年 11 月 9 日

出國地區：日本

報告日期：102 年 2 月 6 日

分類號目：H1/交通建設

關鍵詞：MLIT (Railway Bureau Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

鐵道事業法、鐵道營業法

RTRI (Railway Technical Research Institute)

JRTT (Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency)

鐵路、軌道、道岔岔心

## 內容摘要

本考察之主要目的，在於瞭解日本鐵路工程設計及施工技術與典章制度規範之發展情形，首先拜會日本政府鐵路管理單位國土交通省鐵道局，了解其與鐵路營運單位間之從屬、分層負責以及相互之運作與合作關係，接續拜會日本之鐵道專業機構日本公益財團法人鐵道綜合技術研究所、鐵道建設・運輸設施整備支援機構、負責營運與維修及整體運輸安全與責任之 JR 東海鐵道株式會社等，就鐵道整體發展與相關設計與實務技術之運用情形，以及日本鐵路興建事業之規劃建設、營運管理實務作業。期望藉由本次之參訪及研討經驗，將日本目前最新鐵路工程設計導向、施工技術及相關典章制度規範之發展情形，提供日後鐵道局辦理鐵路建設計畫相關作業時之參考。

# 目 錄

	頁碼
壹、緣起及目的.....	1
貳、考察行程.....	2
叁、考察過程及重點.....	4
一、國土交通省鐵道局.....	4
二、公益財團法人 鐵道綜合技術研究所（RTRI）.....	16
三、鐵道建設・運輸設施整備支援機構（JRTT）.....	24
四、JR東海旅客鐵道株式會社 綜合維修機制.....	29
五、大同岔心鑄造工廠.....	40
六、大和軌道製造株式會社.....	41
肆、鐵路工程設計及施工技術與典章制度規範之發展.....	45
一、工程設計及施工技術.....	45
二、典章制度及規範之發展.....	49
三、道岔設計及發展.....	54
伍、心得與建議.....	56
一、心得.....	56
二、建議.....	57
陸、參考文獻.....	58
柒、附件.....	59
一 國土交通省鐵道局簡報.....	60
二 鐵道綜合技術研究所(RTRI)資料.....	68
三 鐵道建設・運輸設施整備支援機構（JRTT）簡報資料.....	74
四 JR東海研修中心介紹資料.....	81

## 表目錄

表一	考察行程表 .....	2
表二	鐵道綜合技術研究所組織人員表 .....	17
表三	日本主要路線最長之長焊鋼軌表 .....	28
表四	JR東海專業技術人員教育訓練課程表 .....	31

## 圖目錄

圖一	參訪地點示意圖	3
圖二	鐵道局與鐵路相關機構關係圖	4
圖三	鐵道建設及營運安全法規內容	5
圖四	鐵道局與鐵路營運機構間管理機制之對應關係	7
圖五	日本技術規章系統關係圖	8
圖六	鐵路結構抗震設計流程	9
圖七	高架結構補強後之抗震強度改善現況	10
圖八	日本鐵路地震預警措施建置示意圖	11
圖九	列車於地震發生時之緊急煞車啟動模式	11
圖十	軌道及列車對於地震出軌防護之措施	12
圖十一	鐵道局對於營運機構之監理重點	13
圖十二	日本都會鐵道利便增法之運作系統	14
圖十三	鐵道綜合技術研究所相關之研發試驗設備	18
圖十四	日式道岔軌枕之設計多使用合成枕	20
圖十五	日本新幹線18號高速道岔可動式岔心結構	22
圖十六	鐵道建設・運輸設施整備支援機構之基本信條、行動要項	25
圖十七	鐵道建設・運輸設施整備支援機構 之新幹線建設示意圖	26
圖十八	鐵道建設・運輸設施整備支援機構參與國際相關計畫	27
圖十九	JR東海(JR Central)營業範圍	29
圖二十	JR東海員工教育訓練中心之訓練設施示意圖	34
圖二十一	新幹線地震出軌防護措施示意圖	39
圖二十二	高錳鋼材質與碳鋼材質焊接之介質材料	43
圖二十三	鐵道綜合技術研究所研究開發之目標及支柱	46
圖二十四	鐵道綜合技術研究所未來鐵路之研究開發	47

圖二十五	鐵道事業計畫認可之流程架構 .....	49
圖二十六	鐵道建設計畫之基本流程 .....	50
圖二十七	日本國土交通省印製之規章書籍例 .....	53

## 壹、緣起及目的

交通部鐵路改建工程局肩負臺灣鐵路管理局既有鐵路之改建及新建計畫，尤其著重於都會區域之鐵路改建計畫；在都會中心區進行大規模之鐵路建設計畫，除了須遵循臺鐵局本身之相關作業規定之外，對於沿線都市發展計畫、生活機能、環境要求、工程技術等等，均需要多方面及前瞻性之考量，因此對於鐵路工程設計導向以及施工技術及相關規範等等，實需不斷之檢討提升，以因應整體社會及環境之需求及期望。

運轉速度、安全、結構之震動噪音以及軌道之養護、維修問題，是鐵路工程在設計、建造時必須深入探討之議題。尤以軌道及道岔等軌道結構，在鐵路整體營運安全中，居於舉足輕重之地位，任何之問題都足以造成深遠的影響，因此設計之良窳、施工以及維護是否確實，實為鐵路營運的重要風險因素。鐵工局首次於台中及員林計畫配合長焊鋼軌採用可焊接式之岔心，本次考察目的也期望能確認此種新措施之效益，以及提供未來改進或是提升效能之參考。因此，考量與本局另一考察計畫「考察長焊軌道之設計、施工及養護相關技術」部分拜會之單位以及考察內容具關聯及接續性，經局內研議結果，如能會同前往考察，可收相輔相成之效，復經局長指示採取併團方式辦理。

本次考察，除蒐集日本鐵路工程設計及施工技術與典章制度規範之發展外，並瞭解日本鐵路相關部門間之從屬、分層負責以及相互之運作與合作關係，如負責整體鐵道事業及營運規劃管理之鐵道局、規章研修及技術研究開發之鐵道綜合技術研究所、設計與興建之鐵道建設・運輸設施整備支援機構、負責營運與維修及整體運輸安全與責任之 JR 東海鐵道株式會社等。期望藉由本次之參訪及研討經驗，將日本目前最新鐵路工程設計導向、施工技術及相關典章制度規範之發展情形，提供日後鐵道局辦理鐵路建設計畫相關作業時之參考。

## 貳、考察行程

本次考察作業之行程(詳表一所示)及參訪地點(詳圖一所示) 如下

表一 考察行程表

日期	地點	主要行程概述
11月4日 (星期日)	台北-東京	◎去程 台北松山機場~東京羽田機場
11月5日 (星期一)	東京(六本木)	◎參訪日本國土交通省鐵道局(MLIT) 研討鐵路工程設計相關規章及制度 ◎參訪鐵道綜合技術研究所(RTRI) 就日本鐵道工程技術規範及長焊鋼軌與道岔技術，研討鐵路工程技術規章及施工基準規範
11月6日 (星期二)	東京(橫濱、三島)	◎參訪鐵道建設・運輸設施整備支援機構(JRRT) 研討日本鐵道系統之規劃、設計、建設及整合情形與軌道施工相關技術 ◎參訪 JR 東海員工研修中心 觀摩實體訓練設施及道岔之施工維修
11月7日 (星期三)	浜松-名古屋	◎參訪 JR 東海浜松鋼軌中心 長鋼軌焊接及軌道養護作業 ◎參訪 JR 東海浜松車輛維修中心 工廠介紹及參觀車輛檢修作業與設備
11月8日 (星期四)	名古屋-姬路	◎參訪大同鑄造株式會社 觀摩道岔岔心之設計及製造 ◎搭乘新幹線抵達姬路
11月9日 (星期五)	姬路-大阪-桃園	◎參訪大和軌道製造株式會社 觀摩軌道道岔設計及製造 ◎回程 姬路~大阪關西機場~桃園機場



圖一 參訪地點示意圖(引用Google資料)

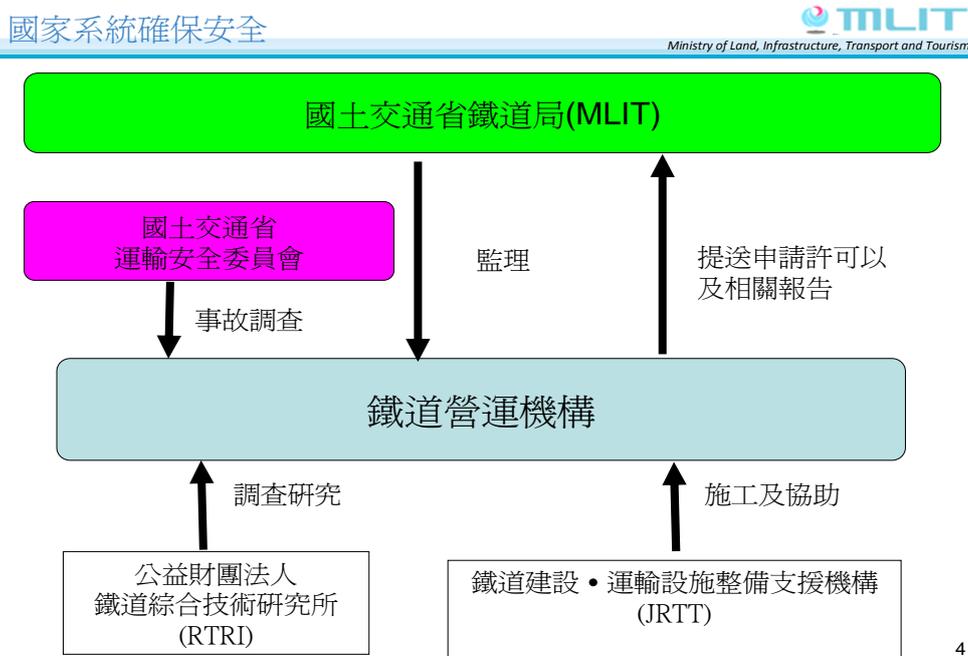
### 叁、考察過程及重點

#### 一、國土交通省鐵道局(Railway Bureau Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

##### 1.鐵道局組織及執掌：

依日本國土交通省鐵道局資料，截至2010年統計日本國內鐵路總長度約28,000公里，鐵路之種類包括新幹線、都會鐵道、地下鐵、地方鐵道、LRT（路面電車）、AGT（Automated Guideway Transit）、單軌電車以及磁浮鐵路（Magnetic Levitation Train）等；鐵路營運機構則共205家（包含國鐵民營化後之JR6家、私鐵176家、公營鐵路11家、貨運鐵路12家）。

鐵道局之組織包含局本部以及9處地方分局，所執掌之業務，包含對日本全國所有鐵路營運機構相關設施之建設以及營運安全作業之監督管理、相關技術規章之審訂，鐵路建設規劃、施工、竣工之查驗，各種業務申請及相關報告之審核，以及現場營運安全查核作業等。鐵道局與鐵路相關機構間之關係(詳圖二所示)。



圖二 鐵道局與鐵路相關機構關係圖(引用鐵道局簡報資料)

## 2.鐵道局執掌業務法源依據：

鐵道局依據日本鐵道營業法及鐵道事業法等兩個法源，執行相關之業務，包含業務監督以及指導，促進鐵路事業之適切發展，確保運輸安全，使用者利益之保護等。

鐵道營業法是對於鐵道營運單位及人員，以及乘客等之權利與義務方面訂定相關之要求；該法規範了有關鐵路構造及營運作業技術標準之規定、駕駛從業人員相關規定及注意事項，以及電力牽引駕駛證照取得之相關規定，如證照之種類、考試、以及取得證照之程序等等。

鐵道事業法則是針對鐵道設施興建、事業經營以及營運計畫等，訂定相關之要求及規定，以規範鐵路機構及設施之建設計畫審查、工程執行之監督、完工之測試、營運程序、營運安全事故發生時之調查處理以及報告之程序、鐵道事業營運報告程序，以及鐵道事業之監理作業程序等等。兩項法規主要之內容以及權利義務關係(詳圖三所示)，整體之法規系統之訂定，不外乎安全營運之範圍。

### 日本對安全之規章系統

#### 鐵道事業之司法制度(技術)

##### 鐵道營業法：規定鐵道事業營運者、事業成員以及旅客之等權利與義務

- 鐵道技術相關標準之規定：  
提供有關鐵道結構以及營運作業之技術標準
- 確保營運安全之規定：  
提供駕駛從業人員執勤時需注意之標準
- 電力牽引機車駕駛證照之相關規定：  
規定駕駛證照之種類、考試以及取得證照之程序

##### 鐵道事業法：規定事業之經營以及相關設施建設程序、營運計畫之要求等等。

- 鐵道事業法施行規則：規定鐵道事業法中詳細作業程序
- 鐵道設施等檢查規則：規定設施建設竣工測試之詳細程序
- 鐵道事故等報告規則：規定營運事故發生時向政府報告之程序
- 鐵道事業等報告規則：規定鐵路事業之例行性報告規則
- 鐵道事業等監查規則：規定監理鐵路事業之方法

圖三 鐵道建設及營運安全法規內容(引用鐵道局簡報資料)

### 3.議題研討與說明：

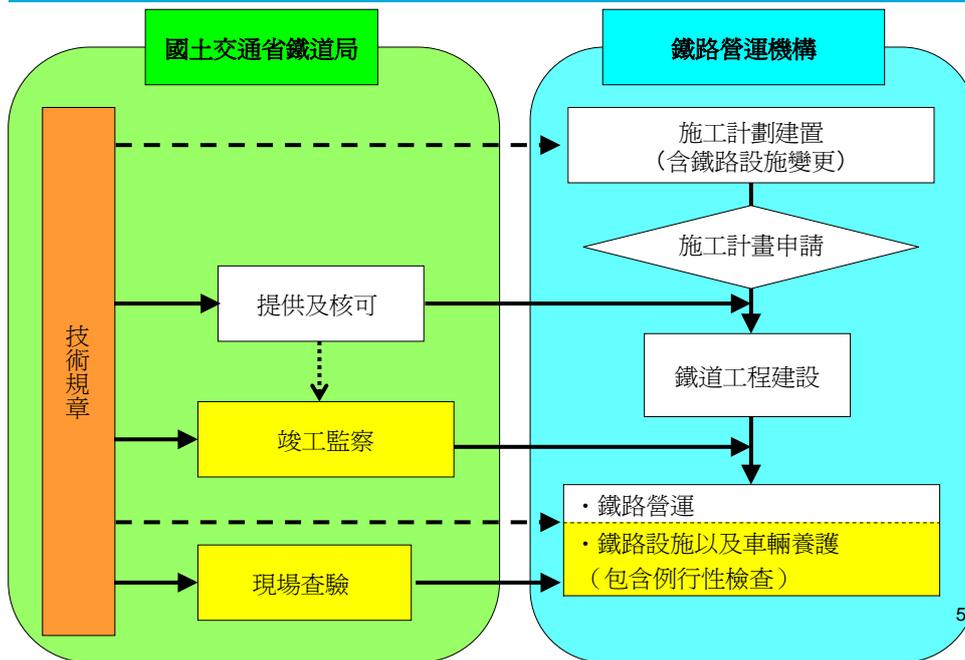
經由鐵道局技術企劃課北村課長就日本鐵道行政體系、技術基準制定修改程序，以及監理作業機制說明後，雙方研討議題交換意見概述如下：

#### a.鐵道局與營運機構之對應關係：

日本國內有包含新幹線、在來線、地鐵、捷運以及一些地區性私鐵等各式鐵道設施，針對各式各樣不同的營運單位，不同目的，不同性質的鐵道，鐵道局表示是採取多樣性的管理方式，並未建置單一之技術規範，而是採取彈性之技術標準。鐵道局同時表示這些訂定之技術標準，是最基本之要求，各鐵路營運機構可依其需要自行訂定，但不得低於鐵道局之規範及要求，國土交通省則是站在指導跟監督的地位，對這些營運單位進行監督管理事宜。

對於一些主體設施部分，比如車輛之安全規範及技術標準等，則是由國土交通省來規範及訂定標準。除此之外就是針對營運安全方面的監督，以及其他業務內容變更的認可，例如票價之調整等，這些都必須經過國土交通省審查核定。其他方面如發生重大事故的時候，國土交通省會派遣專員或是組成專門小組對事故進行調查。

如果各個鐵道事業主體要進行設施變更、整修，或是新的開發計畫，都必須經過國土交通省的審核認可，國土交通省則根據其所提出之工程計畫，審核確定符合國土交通省認定的技術標準時才給予認可。建設或是改善計畫完成以後，也要經過國土交通省之檢驗是否符合原計畫內容以及依據訂定的技術標準完成，均符合規定之後才核發使用許可證。對於營運中的鐵道營運機構則是採用監理方式，就營運管理、員工專業教育訓練以及設施之維修制度方面執行督導之責，國土交通省與鐵路營運機構間管理機制之對應關係(詳圖四所示)。



圖四 鐵道局與鐵路營運機構間管理機制之對應關係

(引用鐵道局簡報資料)

**b.規章與技術標準之建置與修訂方式：**

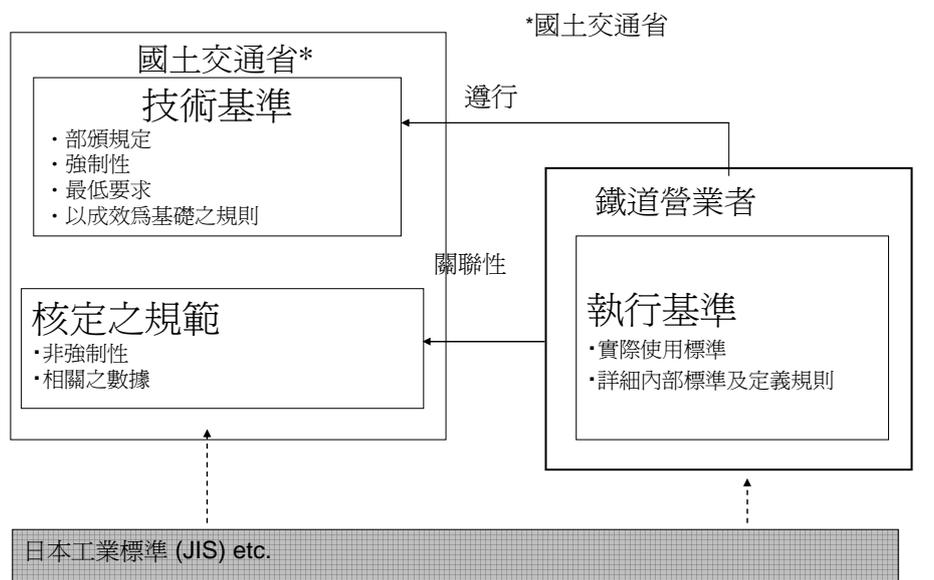
鐵道局表示日本相關規章及技術標準架構系統(詳圖五所示)，由國土交通省頒訂技術標準，該標準是以原則性之方式訂定，具備強制性同時也訂定了最低之要求；相關技術標準則是以應具備之成效為基礎來訂定。國土交通省頒訂之技術標準內容主要包括十大項目：

- λ 一般準則：包含目的、定義、噪音之防護等。
- λ 營運機構成員。
- λ 軌道設施：包含曲線半徑、坡度、淨空、軌道間距、軌道結構、地下化站相關設施等。
- λ 駐車及維修基地。
- λ 與公路之交叉。
- λ 電氣設施：接觸線及其他設施，以及鄰近或是上方跨越之電線等。

- λ 營運安全設施：號誌系統等。
- λ 車輛：防火措施等。
- λ 設施及車輛之檢測維修：包含例行檢修周期內容等。
- λ 列車之營運。

至於營運機構則是依據國土交通省訂定之標準或是要求，再依其內部之實際需求，制訂實務可行之標準，以及相關之要求數值等等據以執行，同時提送國土交通省審查核備；對於新建設施部分，也同樣須符合省訂之相關結構設計要求等技術標準。

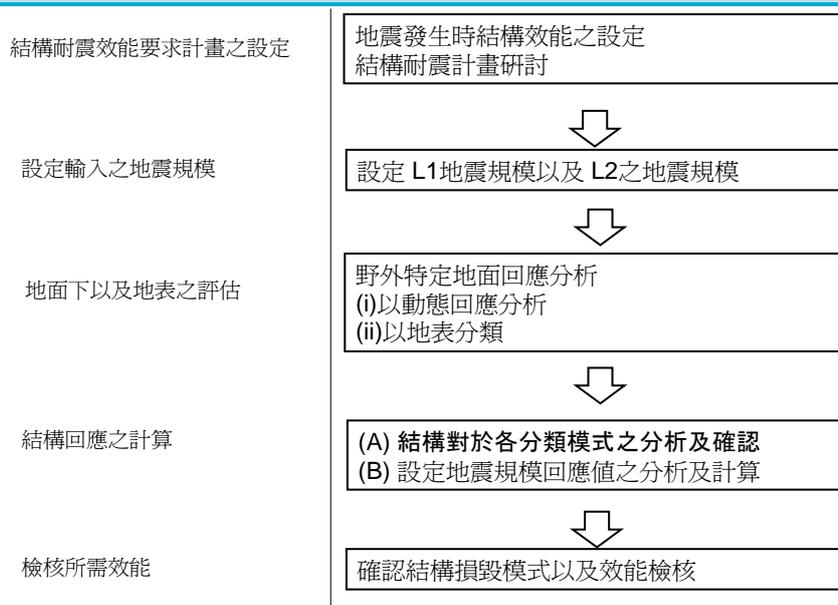
## 日本之技術標準系統



圖五 日本技術規章系統關係圖(引用鐵道局簡報資料)

國土交通省對於一般之規範或是技術基準，如耐震係數、相關設計、施工、維修技術程序、數值等等，大約每10至15年進行檢討修訂；對於基準法則之內容部份，視需要再行檢討。

以鐵路結構之耐震設計為例，設計流程及相關對應章節內容(詳圖六所示)。



圖六 鐵路結構抗震設計流程(引用鐵道局簡報資料)

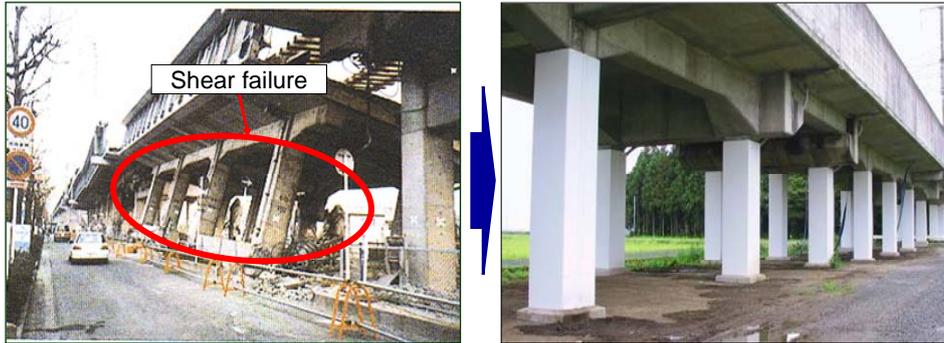
舉例來說，在發生地震造成結構之損害時，鐵道局就會針對損壞之情況，檢討結構之抗震係數以及相關安全防護措施，同時對於結構物之補強方式也會一併研討；例如從阪神大地震之後，鐵道局就召集相關機構針對結構物設計以及耐震強度進行檢討修正，同時要求相關營運機構就相關結構物進行必要之補強，補強之後從2011年311大地震，觀察新幹線結構受損程度明顯降低很多，可以看到顯著成果(詳圖七所示)。

○耐震強化

基於過去之地震經驗, 強化高架結構之抗震能力以預防剪力破壞之作業已經完成  
此舉可以預防高架結構發生致命之破壞, 復原作業在短期內便完成

在阪神淡路大地震損壞之高架結構 (發生於  
1997年6月17日)

強化後之結構在東部大地震沒有毀損 (發生於  
2011年3月11日)

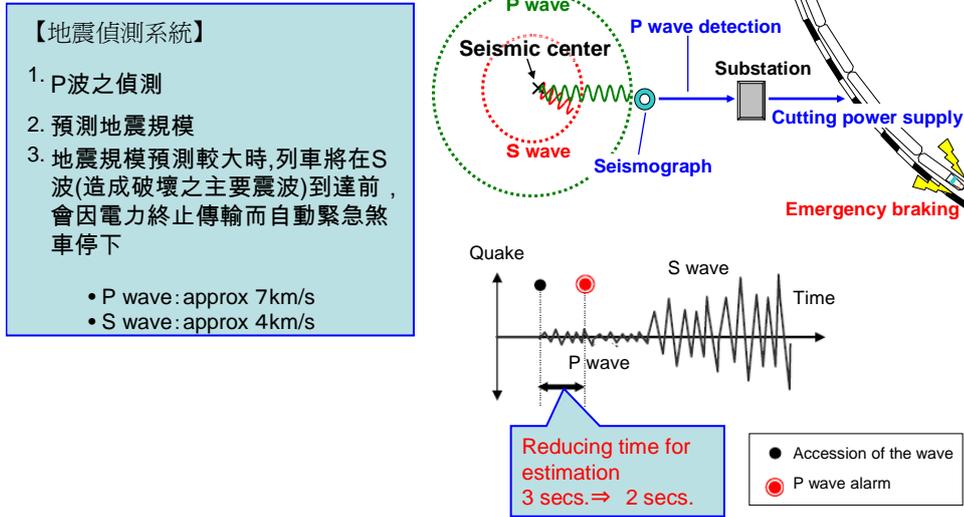


圖七 高架結構補強後之抗震強度改善現況

除對鐵路結構進行積極之補強措施之外, 鐵道局也積極進行地震發生時之警告及預防作為, 如建立全國性之地震預警措施, 在全國各地設置地震感知器, 在地震發生時, 能及時偵測震度發出必要之訊息, 讓接近震源附近之列車可以及時緊急煞車, 降低可能之危害。其建置之方式及措施(詳圖八及圖九所示)。

另對地震發生時之預警措施之外, 鐵道局也針對軌道結構以及車輛等等, 進行相關之防護措施加強計劃, 分別在軌道結構上以及列車上加裝相關之出軌防護裝置, 或是列車出軌後之防傾裝置等等, 將地震發生時可能之損傷或是破壞降至最低, (詳圖十所示)。

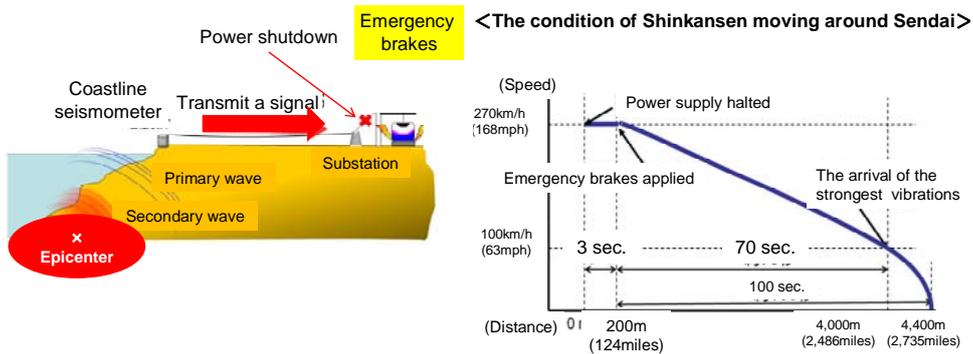
緊急地震偵測所需時間之減低



圖八 日本鐵路地震預警措施建置示意圖

各種模式(鐵路)之復原

- 在最大震波到達前,地震早期偵測系統已經成功發揮功能
  - 啟動緊急煞車之後,新幹線列車即可及時減速及停止
- 不發生出軌



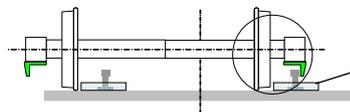
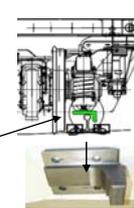
圖九 列車於地震發生時之緊急煞車啟動模式

出軌防止對策

L-形列車導引裝置

以設置於轉向架上之L-形列車導引裝置，預防出軌後之列車嚴重脫離軌道結構之對策

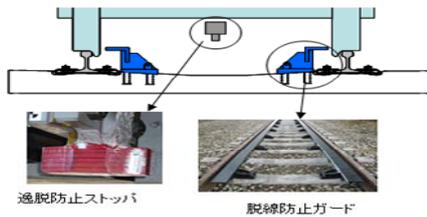
Shinkansen Car Bogie



L-shape car guide

防制出軌之護軌

軌道結構之軌距線內設置護軌防止列車出軌及脫離之對策



逸脱防止ストッパー

脱線防止ガード

圖十 軌道及列車對於地震出軌防護之措施

c.鐵路監理作業之執行：

對於鐵路機構之監理作業，是由鐵道局自行執行，並未透過專家學者或是委託第三者代為執行。同時是採取徹底執行之作爲，以維護營運之安全。如果有發生事故時，鐵路機構除依據規定提出報告之外，國土交通省也會依據相關法規成立調查小組進行調查，同時對於該機構則加強執行監督。有關監理督導作業之執行方式及內容，因各國國情不同，日方表示較僅能提供概括性之建議，仍須依實際之情況及相關條件合理訂定。

鐵道局同時表示，在日本的監理作業沒有固定之時程表，是採不定期方式辦理，監理作業時程安排好，也不會通知受監理之鐵路營運機構。至於查核作業之執行情形，鐵道局每年安排執行約60至70次，監理小組之成員以一位主管會同土木結構，機電以及車輛及駕駛等4個不同領域的專業人員進行，鐵道局表示國土交通省設置於全國各地之9個分局，共有200多個技術人員，屆時都會協助辦理各轄區之督導及查驗事宜，監理作業之執行重點內容(詳圖十一所示)。

鐵道局從確保鐵路安全之觀點，指派人員至各營運機構之辦公室或現場，查驗鐵路設施、營運狀況、車輛之檢修、文件紀錄以及其他相關之作業，同時向機構從業人員提問

#### 鐵道局現場查驗重點

1. 各鐵路營運機構確保安全運輸之各步驟
2. 檢視鐵路設施、車輛以及營運之相關規章
3. 土建構造物施工程序及內容之適宜性
4. 意外或災害發生時執行之應變措施，以及對於可能發生意外或災害之預防措施
5. 檢修紀錄以及鐵路設施及車輛之檢修計畫書
6. 鐵路安全作業之人員編制
7. 從業人員之在職專業訓練及認證
8. 對於上次政府監理之建議或改善要求所採取之相關措施

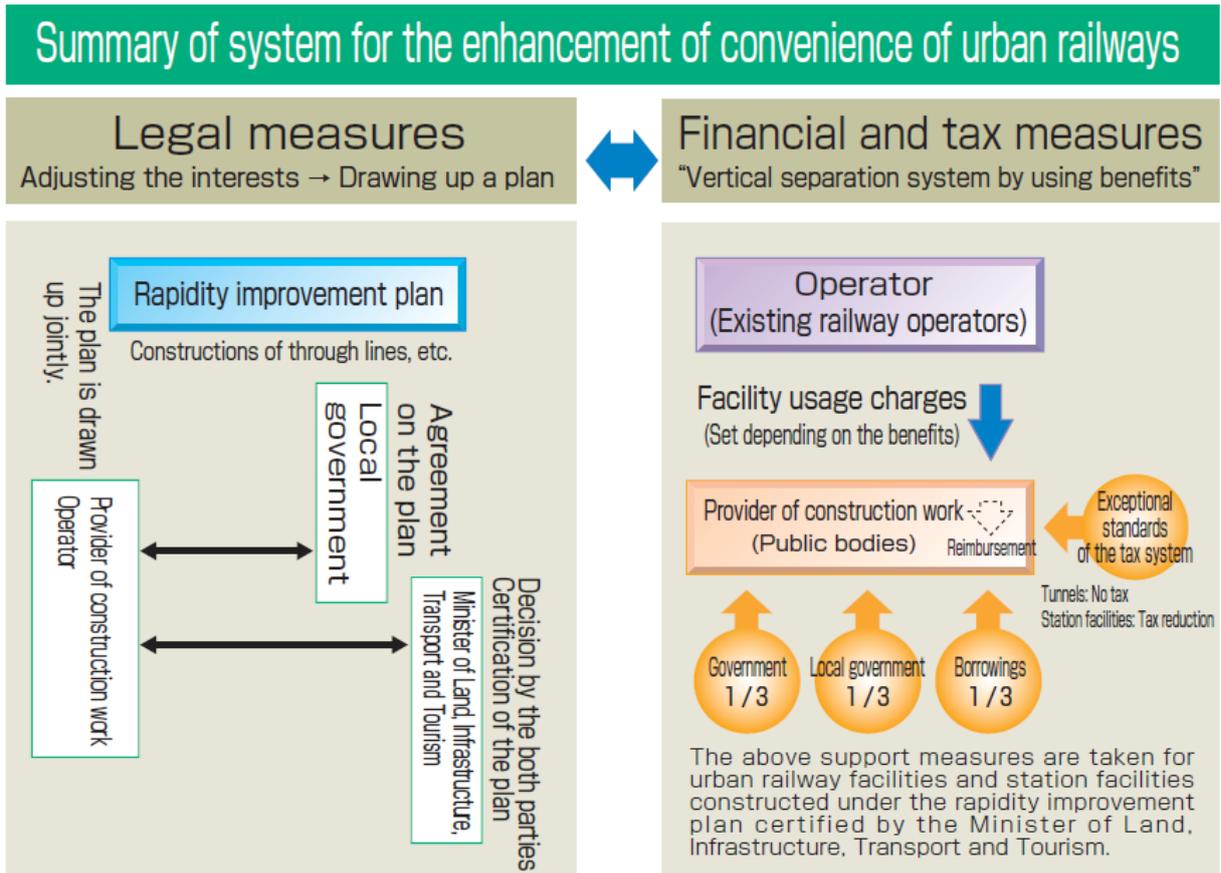
圖十一 鐵道局對於營運機構之監理重點

鐵道局也表示，鐵路營運機構如果未按規定實施，一但發現會受到嚴厲之處置，同時鐵道局也會加強監理作業並嚴格執行必要之措施。根據世界各地鐵路系統之相關事故報告資料顯示，日本方面事故發生比率明顯較少，顯示日本所採取防範未然相關措施的方式，有顯著之成效。

#### d.其他：

後續經了解，日本爲了因應相關鐵路改建或是區域開發發計畫，另外有訂定了『用地收買法』、『都會鐵道利便增進法 Act on Enhancement of Convenience of Urban Railways』等等之法律，對於各項建設基本上是採共利之方向來進行開發，釐訂定中央、地方以及鐵路機構之出資模式，同時建立融資及相關稅賦、財政上之便利措施，以及營運機構使用受益費額度等等，整體之運作模式(詳圖十二所示)。對於建設計畫所需使用之土地，其

取得之價格是由委由專業第三者評估，訂定合理之額度，同時依據建設計劃執行合理之時程辦理價購，可提供國內都會區鐵路立體化建設財務規劃之參考。



圖十二 日本都會鐵道利便增法之運作系統(引用自JRJT簡介資料)



鐵道局技術企劃課北村課長進行業務簡報



席間就相關議題研討



致贈本局之紀念品



會後合影留念

拜會日本國土交通省鐵道局

## 二、公益財團法人 鐵道綜合技術研究所(Railway Technical Research Institute-RTRI)

### 1.成立宗旨與發展經過：

鐵道綜合技術研究所（簡稱 RTRI）表示，該機構於國有鐵道民營化之後次年，即 1986 年 12 月由日本交通大臣批准成立，承擔起日本鐵路相關領域基礎研究以及應用科技發展之任務，包含車輛、土建工程、機電系統、資訊科技、材料、環境以及人因工程等等，並從 2011 年起經內閣批准轉制為公益財團法人，機構營運所需之費用是由 JR 各公司之負擔費、相關企業之委託費以及贊助費用所組成。

RTRI 從2005會計年度開始，進行為期5年之總體計畫，研究發展是建立更高可靠度、更方便、更經濟以及更環保之鐵路系統為目標，在2010年又確立了下一階段之5年總體計畫，以成為一個全方位性之鐵路技術研究機構，完成各界之委託，追求鐵路長遠之發展。RTRI為了近一步提高安全度及信賴度，應對全球環境問題，協調沿線環境，降低系統之成本，追求舒適及便利，RTRI在刷新以往研究發展之目標同之時，也向新領域挑戰，經由提高實施模擬技術之水準，擴大研發專業技術，同時也訂定了基本方針概述如下：

- (1) 可持續發展鐵路為目標的新技術創生
- (2) 迅速而準確的應對各方面需求
- (3) 各項研發成果宣傳與推廣
- (4) 鐵路技術之傳承，基礎技術能力之累積
- (5) 身為鐵路智能團，發揮綜合技術實力

依據RTRI於2009年11月出版之資料顯示<sup>[1]</sup>，該機構目前約有530位相關領域之專業人士，包含研究發展部門409人，研究業務部門18人，承攬業務部門48人以及行政作業部門55人(詳表二所示)

表二 鐵道綜合技術研究所組織人員表<sup>[1]</sup>

	2009	2010 to 2014
Experimental research business, etc.	411	409
Investigational business, etc.	17	18
Contracted business	46	48
Administrative work	61	55
Total	535	530

Note: The figures for 2009 are budgetary amounts for the beginning of the year.

RTRI之組織主要以研究發展部門為主，該機構不僅在鐵道專業技術領域居於領導發展之地位，同時也致力於協助相關部門，包含政府機構以及鐵路營運機構之法規技術及相關標準研修作業，以提升鐵路員工之素養，知識之傳遞，促進鐵路安全衛生，以及與大自然環境之調和等。

## 2. 相關標準及技術規章之擬定及修改

RTRI本於專業領域，除了協助鐵道局審查、制定或研修相關之規章標準，以及營運安全等相關領域之配合調查等作業外，同時也協助各營運機構各種技術規章之擬定及修改。

## 3. 研發設備及相關作業介紹

因應鐵路各種基礎之研究以及應用技術之發展需要，RTRI設置了許多相關之研究部門、研究設備與試驗設備，並依主要之目標分別設置，包含安全性提昇、環境調和、降低成本、提升便利性、鐵道基礎研究等相關之試驗設施(詳圖十三所示)。另RTRI同時積極參與各項之國際活動，如國際會議，研討會、研究成果發表、合作計畫等。

# 实验设备

## 车辆试验装置

该装置能再现实际车辆的行驶状态。利用这个装置，可以进行运营线上无法进行的某些车辆及轨道条件的实验，同时也可调查其影响因素及存在的问题点。试验的最高时速是500公里。



▲车辆试验装置

## 制动试验机

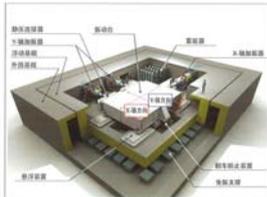
为了开发高性能的制动器，我们制造了制动性能试验机及盘式制动试验机。两者都可实现最高时速500公里的试验。



▲制动试验机

## 大型振动试验装置

在设置的构造物模型、实际轨道及转向架之上，可以模拟地震烈度达7级（相当中国12级）的大型二维振动试验装置。励振行程为±100cm，最大装载重量为50吨。此外还考虑到对附近住宅的影响，该装置采用了悬浮式基础。



▲大型振动试验装置

## 模拟车站的设施

针对旅客流动及与舒适性有关的温热环境、声音环境等的实验在实际车站内难以进行的问题，我们建成了可进行有关实验的设施。



▲模拟车站的外观



▲模拟车站的进出口

## 大型降雨实验装置

该装置可再现最大200mm的降雨量，进行斜坡滑坡试验及雨中传感器的性能评价试验。



▲实验土槽

## 车内舒适度模拟装置

列车内的舒适度，受振动、噪音、温度及车窗外风景等各种环境因素的综合影响。该装置能够模拟车内外的各种环境因素，并研究这些因素对舒适度的综合影响。



▲车内舒适度模拟装置的外观

## 集电试验装置

为了分析接触网和受电弓的性能，我们在全长500米的车路上设置了实物接触网，并将实物受电弓搭载在走行转向架上，构成了最高时速200公里的集电试验装置。



▲集电试验装置

## 大型低噪音风洞

我们具有世界一流水平的低噪音性能（时速300公里，75.6分贝）和高风速性能（最大时速400公里）的大型低噪音风洞。用它可以进行降低高速铁路的空气噪音及列车的空气阻力、改善空气噪音特性等方面的基础研究与技术攻关。



▲开放型风洞

（主要用于空气噪音实验）

▲封闭型风洞

（主要用于空气阻力实验）

▲利用风洞评价作用于

车辆的空气阻力

圖十三 鐵道綜合技術研究所相關之研發試驗設備(引用RTRI簡介資料)

## 4. 研討議題與說明

### a. 技術標準與規範之研修訂定

在簡報之後，RTRI國際業務室長後藤先生表示，在過去JR是鐵路國有之時期，國鐵與綜合研究所是一家人，所有的規範與技術標準都是共同制定的，民營化後既有40年來建置之基本技術不需要改變。如果因為經營環境變更或是技術上有需要提升或是改變時，一般是由JR或民營鐵道公司直接與研究所洽商協助，不需經過國土交通省，國土交通省是決定原則性之基本技術規章及基礎要求，鐵路機構之規章或是技術規定只要符合省訂之規範即可。

國土交通省如果有研修之需要時，會委託RTRI進行研究，RTRI會綜合考量各方面之因素提供建議修訂之內容，經由國土交通省審議確認及後續頒布事宜。至於後續之實施細則以及相關標準變更或是修訂，就由各營運機構自

行針對相關營運條件以及氣候、環境等特性，各自建立適宜之規定。

#### **b.對於台鐵未來營運速度160km/h展望之建議**

對此議題，RTRI相關專業人員表示，依目前之軌道結構強度，以及電車線、號誌等相關設施，對於1067mm軌距軌道來說，如果要以160km/h之速度運轉並沒有困難，但是如果要以160km/h運轉時，必須先具備一些條件，比如使用專用路權、軌道線形條件足夠，意即曲線半徑至少應1600公尺以上；同時沿線交叉之道路立體化等，因為日本規定列車通過平交道時之最高速限為130km/h，所以有平交道區間之路線是無法提高速度至160km/h。

鐵路平交道之設置有其安全考量及要求，平交道警告號誌之啟動時機，一般是以列車以最高速度行駛30秒之距離為基準，所以會在平交道兩端適當距離設置啟動平交道作動之裝置，同時在平交道內設置異物偵測裝置以及緊急停車按鈕，此舉除了讓公路車輛及人員有足夠之警告時間外，也是讓列車在發現平交道異常時，有足夠之應變時間可以在平交道前緊急煞車停止；如果以160km/h速度運轉時，從緊急煞車道列車停止，其長度已經超過司機目視之視界之外，當司機看見平交道有異常時，就算立即緊急煞車也是來不及，因此在日本之在來線，目前也是僅有少數路線部分區段可以160km/h運轉，如連接本州與北海道之青函隧道、新潟縣之北北線等等，除了相關之硬體措施之外，為了讓在來線以160km/h高速運轉，所需投入之維修養護成本也較高。

綜觀台鐵目前既有之路段，均有許多之平交道，高架或是有專屬路權區段甚少，尚未具備高速運轉之條件；因此未來可以考量以160km/h速度運轉之區段，首先應屬規劃中之北宜直鐵計畫之南港至頭城路段，根據該計畫之研究內容，也已將提供160km/h速度運轉之條件納入考量。

### c.對於無道碴道岔軌枕材質之建議

RTRI表示，在日本基於施工之便利性以及現場精確度之要求，並未鼓勵使用預力混凝土軌枕，而多是採用日本開發之合成枕，該合成枕具備木枕之彈性，因為材料採用纖維強化胺甲酸乙脂(Fiber reinforced Foamed Urethane，簡稱FFU)製造，FFU的主要材質為長玻璃纖維及胺甲酸乙脂樹脂。此種材質不易腐蝕，耐用度估計可達50年，目前日本許多道岔包含道碴區以及無道碴區多使用此種軌枕，經參考大和道岔公司之資料所示，可知日本多數道岔之軌枕均設計使用合成枕(詳圖十四所示)。

對於道岔使用混凝土軌枕部份，RTRI並未提供相關之建議，僅表示由使用單位依據需求決定，而對於製造、施工及養護等因素，只要經過審慎之評估以及考量完備即可。



圖十四 日式道岔軌枕之設計多使用合成枕 (引用大和道岔簡介資料)

#### **d. 橡膠材質之彈性材設計年限以及檢修機制**

RTRI 表示，彈性材之使用年限依其所設置之位置而定，如果是陽光強的地方，會提早劣化，但是如何決定更換時機，建議請這方面之專家提供意見，簡單的說，如果發現彈性材料的橡膠層顏色有變化，或者甚至於產生細微裂縫的話，那就必須要更換。

#### **e. 道岔岔心配合長焊軌道，與前後端鋼軌之焊接措施**

RTRI 表示，原則是根據岔心的材質來決定焊或不焊，岔心與鐵軌同一材質的話就可以焊接，如果設計是採用焊接時，道岔工廠在錳鋼岔心之前、後端會另外特殊處理，延伸焊接一段普通鋼材，以便與現場鋼軌焊接，此種焊接技術在日本已有發展，對於軌道之養護有所助益，也可以降低震動及噪音。

不過 RTRI 表示，一般來說新幹線與 JR 做法比較趨向保守，例如新幹線道岔之設計，就考量維修養護以及更換作業等等之便利性，所以在設計上與其他國家高速鐵路不同，岔心之結構設計方式稍有變異，材質仍使用高錳鋼，但是將岔心分成三個組件，以設置伸縮尖軌之方式，將前後端鋼軌因溫度變化產生之伸縮量吸收，這種分段式設計，能維持高速行駛所需之連續軌距線，同時又可以不需要採取焊接的方式，列車通過時也不會產生很大的噪音，在維修養護或是更換時都較為便利(詳圖十五所示)。



圖十五 日本新幹線 18 號高速道岔可動式岔心結構(攝自 JR 東海研修中心)



拜會 RTRI



雙方就議題交換意見



RTRI 介紹相關之業務



觀賞 RTRI 之研究發展計畫影片



RTRI 研發中之磁浮列車實體模型

參訪鐵道綜合技術研究所

### 三、鐵道建設・運輸設施整備支援機構(Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency-JRTT)

#### 1.成立宗旨與發展經過：

鐵道建設・運輸設施整備支援機構(JRTT)成立於 2003 年 10 月 1 日，是一個獨立經營之機構，是經由整合原有之日本鐵路建設公團以及先進運輸及科技公司而成，成立之宗旨為：以大眾運輸為基礎推動建立運輸系統，經由協助鐵路公司之鐵路建設以及航運公司等之相關附屬設施，以提升整體之運輸設施。同時經由投入運輸科技基礎之研發，整合海陸空間之運輸系統。

該機構主要之業務範圍包含鐵路建設、鐵路相關附屬設施、造船及航運科技、運輸工程之研發以及前日本國鐵土地之開發利用等。

#### 2.機構發展目標：

基於以往之技術、經驗以及整合後之技術發展，JRTT可以提供鐵路建設全方位之施工技術，包含降低成本、縮短工期、簡化相關作業程序，以及技術之發展等。就日本目前之情況，一個完整之鐵路建設程序包含地方政府以及居民之說明會、路線測量、規劃設計及協調、細部設計作業、路權範圍確認及土地取得協商、招標作業、施工說明及協調會、施工管理、竣工、租售或移轉業務等。

JRTT承攬之業務包含新幹線建設、都會區鐵路建設、磁浮鐵路測試線建設、專案計畫檢核管理、海外技術輸出，及合作以及鐵路建設相關技術之發展等，該機構秉持專業技術以及不斷之創新發展，已經贏得海內外許多之肯定與獎勵<sup>[2]</sup>。

#### 3.機構之基本信條及行動要項：

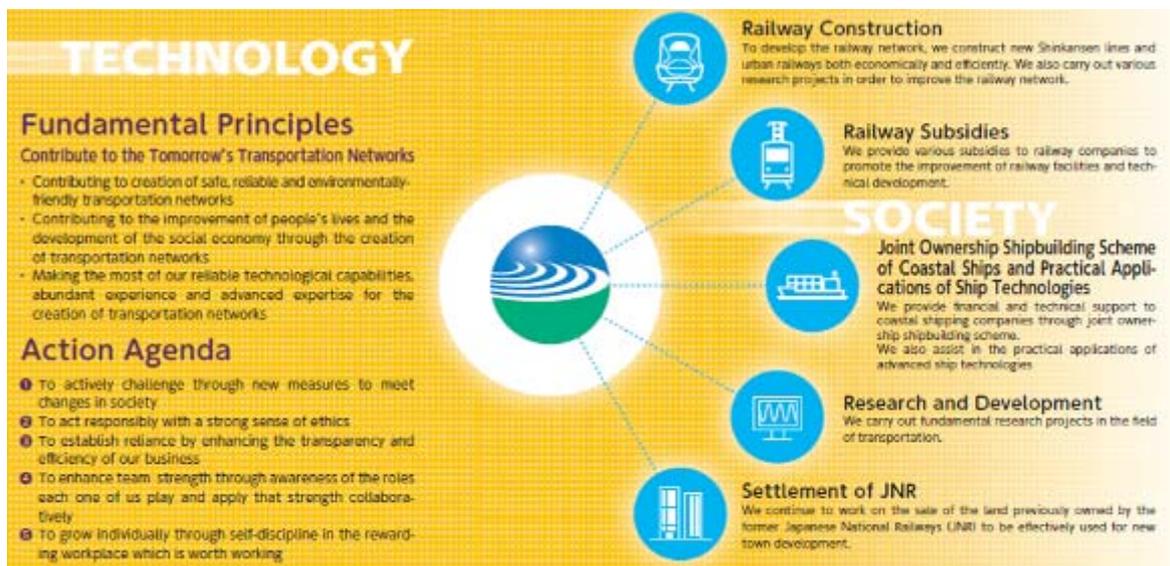
該機構標示了3個基本信條，以為明日之運輸路網而努力貢獻，概要如下：

- λ 致力於創造安全可靠及與環境調和之運輸網路。
- λ 以創造運輸網路，為人類生活品質提升、社會經濟之發展而貢獻。
- λ 以我們值得信賴之先進技術、豐富之經驗以及專業之人員，來創造運輸

網路。

JRTT同時標示了5個行動要項如下，其相關業務範圍詳圖十六所示：

- λ 以新的措施積極挑戰，以滿足社會的變化。
- λ 強烈之倫理觀念及負責任之行爲。
- λ 強化事業之透明度及效率建立信賴度。
- λ 經由個人角色之認知以及相互協調合作強化團隊之力量。
- λ 在值得投入之工作環境經由自律達到個別之成長。



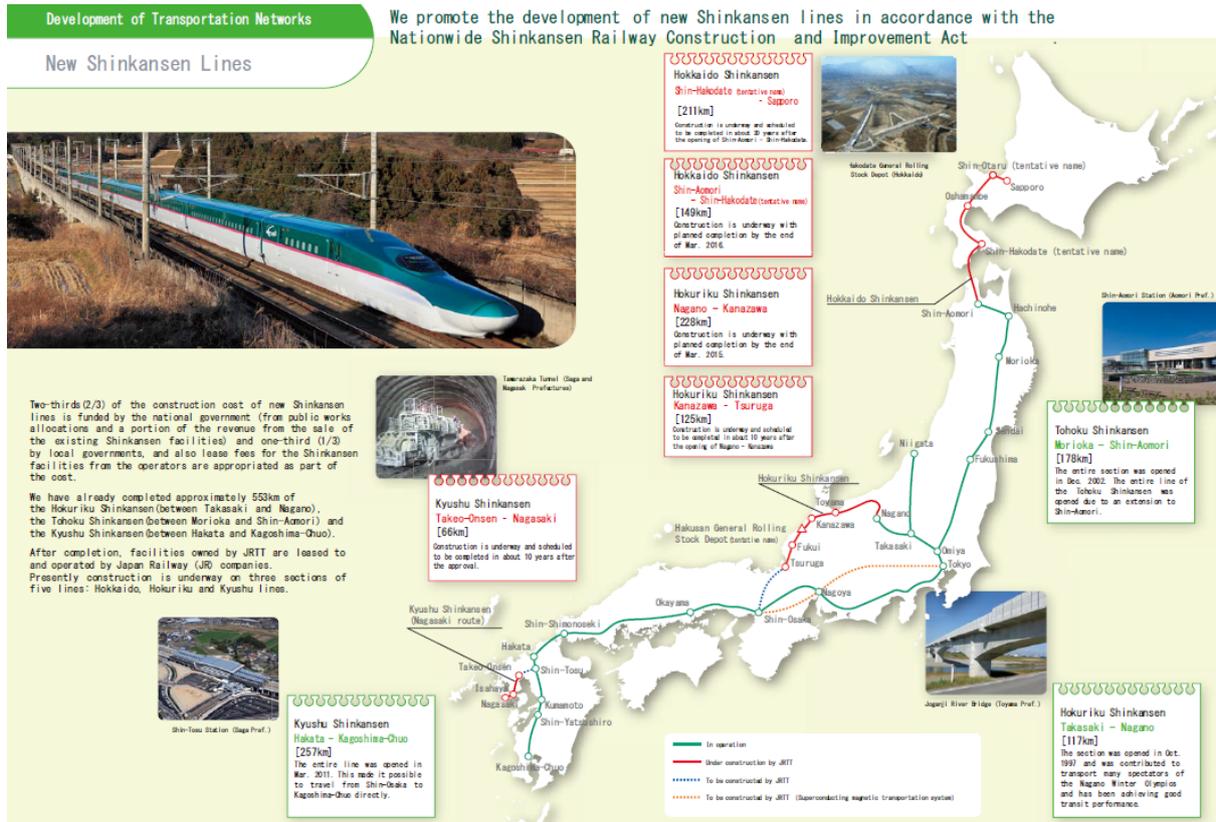
圖十六 鐵道建設・運輸設施整備支援機構之基本信條、行動要項<sup>[2]</sup>

#### 4.JRTT 與臺灣鐵道工程界之關係：

JRTT由小島部長接待同時表示，在過去10年間該機構曾經派超過400人次之專業人員，至台灣參與高速鐵路等相關建設工程，交通部相關單位過去數年間也曾多次派員拜會該機構，以及參與相關業務之研習，可謂與台灣工程界有著極為密切之關係。

該機構也表示JRTT是日本唯一負責鐵道相關建設之工務機構，機構裡集合了鐵路工程相關之專業技術與人員，參與新幹線、捷運、都會鐵路、磁浮等等之工程，範圍從規劃、設計、施工管理、竣工以及移交作業等，但是不負責後續營業與維修等之業務。截至目前為止，JRTT已經完成3,200公里鐵路建設，包含860

公里之新幹線(詳圖十七所示)。



圖十七 鐵道建設・運輸設施整備支援機構之新幹線建設示意圖<sup>[2]</sup>

JRTT同時也積極參與國際各種鐵路、航運等運輸相關計畫之建設作業，如圖十八所示，比如台灣之高速鐵路建設工程，JRTT就投入許多之人力物力，JRTT也表示很榮幸能參與台灣之高鐵建設，也很高興與台灣之鐵路界建立了良好之關係，也期望能繼續與台灣保持密切之聯繫，對於任何之問題均表示樂意協助之立場。

Japanese railway construction technologies or joint ownership shipbuilding system are effectively utilized in many countries around the world.

Japanese railway construction technologies effectively utilized around the world

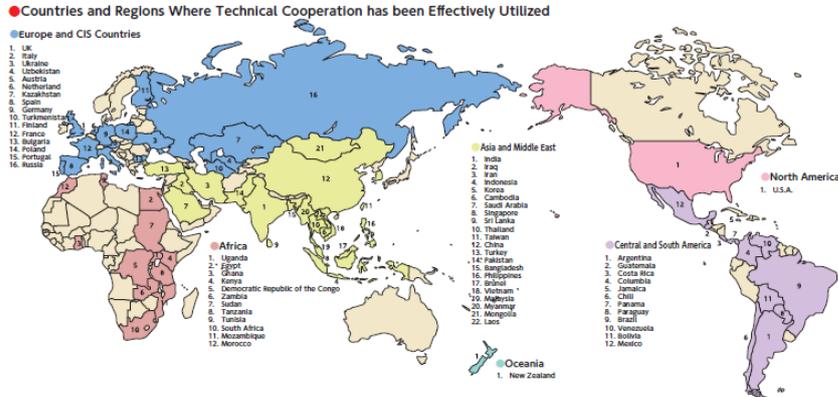
By making use of comprehensive technologies and experience cultivated in construction of not only the Seikan Tunnel, the Joetsu, Hokuriku, Tohoku and Kyushu Shinkansen lines but also urban railways, at the request of the MLIT, JRJT actively provides technical cooperation by dispatching experts (long-term or short-term) overseas and accepting trainees from abroad. As of March 2011, we have provided technical cooperation to 64 nations and regions and dispatched 1,939 experts in total. Our overseas technical cooperation encompasses many fields including feasibility studies on new railway construction or improvement work, construction planning, designing and construction work.



Technical exchange meeting with Korea Rail Network Authority (KORAIL)



Rail Conference by American Public Transportation Association (U.S.A.)



**Intensified Interest in Joint Ownership Shipbuilding Scheme Abroad**

In recent years, although the necessity of water transportation of commodities has increased accompanied by the economic growth of emerging nations in South East Asia, the development of water transportation networks has fallen behind. Therefore, the joint ownership scheme of JRJT for fleet improvement has attracted attention to those countries and we have dispatched experts to the recipient countries.

Indonesia plans to modernize its domestic ships

JICA group training (Indonesia) attended with a JRJT specialist



Construction site visit by Vietnamese trainees (Narisra New Rapid Railway)



Technical cooperation for Taiwan High Speed Rail (track and electricity) (Taiwan)



Training on technology transfer of sub-track to China (Tohoku Shinkansen)

圖十八 鐵道建設・運輸設施整備支援機構參與國際相關計畫<sup>[2]</sup>

5. 研討議題與說明

a. 軌道長焊鋼軌之焊接與長度限制：

JRJT梅田課長表示，軌道接頭之弱點相信大家甚為明瞭，高速行駛之列車通過接頭時，所產生之衝擊效應，除會導致鋼軌端部變形、劣化，軌道線形容易變位等，同時也影響乘車舒適度更進而產生噪音、振動等等環保問題，所以在日本軌道目前都是以長焊為基本之要求，鋼軌能焊接之長度是越長越好。

依據新幹線修建法第2條第5節明文規定，新幹線的軌道要採用長焊軌道的方式辦理，在來線也是以長焊鋼軌為原則，只要條件許可，焊接之長度沒有限制。新幹線之長焊鋼軌，目前最長的部份是在東北新幹線之盛岡至八戶間，長度約為60公里，是使用2400根25公尺長之鋼軌以瓦斯壓接方式完成，津輕海峽線之青函隧道段也有約53公里長之長焊鋼軌(詳表三所示)。

表三 日本主要路線最長之長焊鋼軌表(引用JRTT簡報資料)

主な路線の最長ロングレール	
東北新幹線(盛岡・八戸間)	約60km
津軽海峡線(青函トンネル)	約53km
長野新幹線(高崎～軽井沢間)	約40km
九州新幹線(新八代・西鹿児島間)	約37km
つくばエクスプレス	約19km

有關焊接工法之選擇方面JRTT也表示，在日本鋼軌之焊接是以瓦斯壓接以及電阻火花焊接為主，對於熱劑焊接部分，因為牽涉鎔接技術以及鎔接材料，涉及較多之人為技術以及材料問題，目前僅使用在來線區域，以最終焊接為主；至於新幹線則在最終焊接時，是採取封閉式電弧焊接技術處理，以確保焊接之最高品質。



拜會 JRTT 致贈本局紀念品

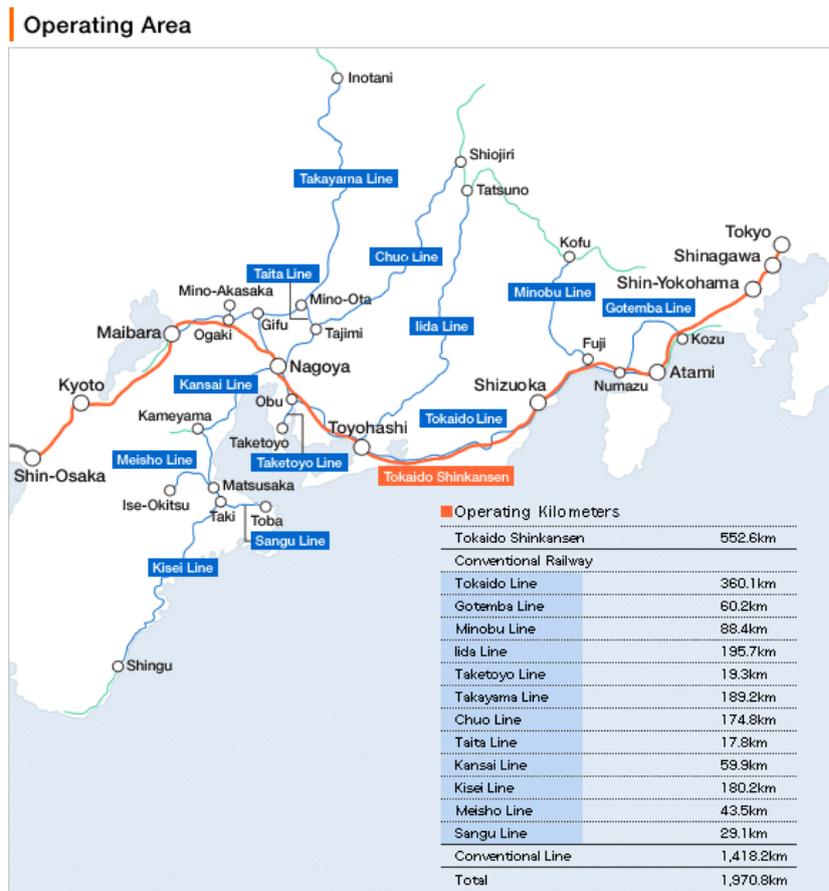


討論長焊鋼軌軌道及道岔等之設計施工

#### 四、JR東海旅客鐵道株式會社 綜合維修機制

JR東海（JR Central）公司正式成立於1987年4月，以鐵路營運以及相關事業為主要經營範圍，經營之區域以橘色JR Central，包含東海道新幹線（東京至新大阪，長度552.6公里）以及東京至名古屋、新大阪間之12條在來線（總長1418.2公里）營業管理範圍(詳圖十九所示)<sup>[3]</sup>。

JR東海本於企業永續發展以及提供安全便捷之服務之宗旨，對於員工之訓練及教育，除提供紮實之專業訓練，以確保機構安全順利之營運外，對員工敬業之態度以及安全之信念也甚為重視，處處昭示提醒。JR東海同時也與其他機構合作，不斷研究創新，以提供一個快捷安全之運輸系統，提升社會經濟發展為目標。



圖十九 JR東海(JR Central)營業範圍<sup>[3]</sup>

## 1. JR東海研修中心：

研修中心由伊藤部長親自接待，除致歡迎外同時表示，爲了能提供安全可靠之營運環境，以及未來長遠之發展，JR東海除了不斷發展及更新相關硬體建設外，對於所屬員工之營運與維修專業能力以及教育訓練更是重視，爲此JR東海於靜岡縣三島市設置了專業教育訓練機構，稱爲JR東海綜合研修中心，該中心是將原先散置各處之教育訓練機構集中，便於整體管理運用，並於2011年9月正式啓用。

研修中心基地面積47,155m<sup>2</sup>，樓地板面積44,393m<sup>2</sup>，是10層樓之抗震建築，包含50間一般教室、2間大型綜合教室、視聽教室，以及其他各種多功能教室等；此外尚有其他相關之專業教育建築設施，包含綜合訓練、運轉、連動裝置、電力、號誌、通訊及軌道等等，設施內容包含新幹線以及在來線，主要以新進人員教育訓練以及在職員工之在職訓練爲主。

## 2. JR東海之經營理念及安全綱領：

確保鐵路營運安全、提升專業人員技術水準以及未來穩定之發展，是該中心設置之宗旨，該公司同時也以簡單明確之文字，清楚表達公司之經營理念及安全綱領。該經營理念以及安全綱領在每一間教室以及各作業場所，均懸掛於牆上醒目之地方，讓員工於受訓以及工作時，能夠時時提醒自己，JR東海經營管理之理念包含三大要項如下：

- a. 以健全的經營對國家社會產生貢獻
- b. 提供現代化符合使用者需求、親切可靠的服務
- c. 建立清新、親切有活力的公司形象

至於安全綱領則是下列五大要項：

- a. 安全是輸運業務的最大使命
- b. 安全的確保是建立在遵守規章及嚴謹執行任務開始，以及不斷的訓練
- c. 勵行確認工作及徹底的聯繫，是確保安全最大的保障

- d.確保安全需超越職責之範圍與框架，並互相協力及執行
- e.有疑問時應周全考慮，並採取最安全之措施

### 3.新進員工專業及在職訓練計畫

爲了維持高安全性及穩定度之營運標準，JR東海建置了周延之教育訓練計畫，除了對於新進人員之各種專業訓練及維修技術養成之外，對於在職人員也安排一定天數之在職教育，除了讓相關作業人員均能維持專業工作能力，同時也有機會充實工作相關之新知，提升專業技術水準。

依據研修中心所提供之資料，以接受完成新幹線設施系統技術之專業技術人員爲例，JR東海就安排了後續4年相關之技術教育課程內容，以及所需之上課日數(如表四所示)。

表四 JR東海專業技術人員教育訓練課程表

第一年：5日	
講義科目	時數
土木業務概論	2
鋼橋, 混凝土橋	3
隧道	1
土工設備	2
測量	6
應用力學	4
構造物檢查	4
路線養護業務概論	2
維修車輛	1
伸縮接頭（拆解實習）	5
第二年：3日	

講義科目	時數
軌道管理及列車動搖管理	2
軌道管理	2
道床與軌枕	2
維修車輛	1
長焊鋼軌管理	2
伸縮接頭	1
道岔	4
鋼軌探傷	2
鋼橋及混凝土橋	2
隧道及土工設備	2
第三年：2日	
講義科目	時數
長焊鋼軌管理	2
維修車輛	2
鋼軌探傷	2
土木業務概論	4
第四年：3日	
講義科目	時數
設計考量要素	3
施工計畫研擬	3
維修車輛	8
整體作業安全	2
運轉保安	2

#### 4.教育訓練實體設施內容

爲了達到實質教育訓練之目的，該中心除了規劃完整之課程外，同時也建置了模擬教室，讓學員可以依各種不同之虛擬狀況進行教學，增強應對之能力，同時在室外也配置了與現場相同之實體設施，以便於讓受訓人員能夠進行實體教學，讓學習之內容與現場結合，JR東海研修中心之訓練設施(詳圖二十所示)。

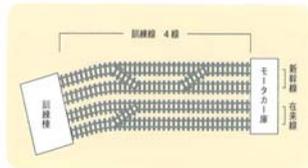
該中心之訓練設施包含了新幹線以及在來線之模擬教室，以及軌道、道岔、電車線等等之實體設施，讓受訓人員在中心就可以完全熟悉現場之實際設備，分派至現場或是回到工作崗位，立即可以發揮效用。

以軌道爲例，研修中心就分別配置了兩股道之新幹線軌道以及兩股道之在來線軌道，同時配置道岔、護軌等相關之軌道設施，提供學員現場實務教學以及養護作業演練，與實際之作業環境相互銜接，讓新進人員以及在職人員都可以嫻熟自身之技能，達到工程技術之傳承以及發展目的，此種作法值得國內軌道產官學效法。



綜合訓練設施

Training Tracks  
訓練線 本線と同等の設備を備えた訓練線  
(在来線・新幹線 各2線)



各項作業實務訓練設施

圖二十 JR東海研修中心之訓練設施 (引用JR研修中心簡報)



聽取 JR 研修中心介紹



於 JR 研修中心合影



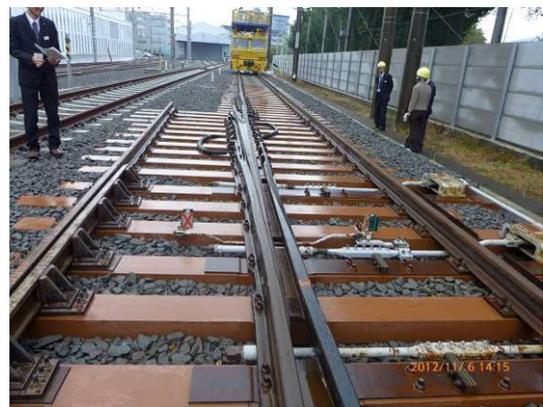
JR 東海研修中心大樓



電車線架線訓練設施



戶外訓練設施-在來線道岔



戶外訓練設施-新幹線道岔

參訪 JR 東海研修中心及參觀設施

## 5. 浜松鋼軌中心：

爲了維持軌道之行車品質及營運安全，JR東海於浜松設置了鋼軌中心，負責該新幹線之軌道維修養護作業，該中心係位於東海道新幹線東京至新大阪間之中點，肩負JR東海新幹線維修更換所需長鋼軌之生產與輸送，軌道線形及鋼軌等例行之檢查與養護作業，中心主要之設備包含鋼軌之焊接及檢驗生產線、50m定尺鋼軌及焊接完成之200m長鋼軌儲存場、鋼軌運輸設備，以及各種軌道及鋼軌之檢查養護機械設備等。

浜松鋼軌中心之業務包含新鋼軌之焊接、輸送、舊鋼軌之處理，新幹線營運路線軌道之鋼軌超音波檢查，鋼軌之研磨、削正，以及軌道之綜合砸道線形整正作業等。

依據浜松鋼軌中心說明，鋼軌焊接之作業程序概要說明如下：

50m定尺鋼軌端部軌腹除鏽磨光 → 使用電阻火花焊接 → 銲接處之鐵渣剷除 → 鋼軌矯直 → 熔接處軌頂面研磨 → 機械全斷面研磨 → 人工檢查斷面及修整 → 磁粉探傷檢查 → 超音波探傷檢查 → 焊接完成200m長鋼軌。

該中心每日可以生產6支200公尺之長鋼軌，每年之生產長度可達200公里，其中150公里提供新幹線使用，另外50公里提供在來線使用。

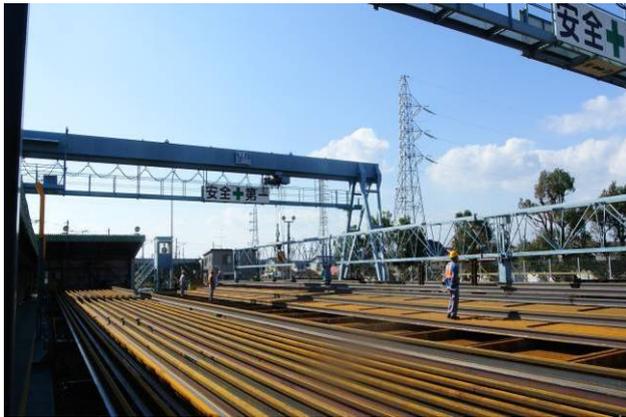
該中心不僅生產長鋼軌，同時也負責運送生產完成之長鋼軌至現場提供鋼軌更換作業，也同時負責將更換下來之鋼軌運回維修基地處理，對於新幹線運送之鋼軌之運輸車編組長度爲282公尺，該車每次可以載運32支200公尺之長鋼軌，每年之運輸能量可達150公里。



拜訪浜松鋼軌中心



技術人員介紹及解說



焊接場儲存之定尺鋼軌



鋼軌中心懸掛國旗表示歡迎



長鋼軌運輸車



穿越平交道時之安全確認要求

參訪 JR 東海浜松鋼軌中心

## 6. 浜松車輛維修工廠：

JR車輛維修基地設置於浜松，最早設置於1912年，距今已有100年之歷史，剛開始是維修蒸汽機車頭，至1947年已開始製造D5186之蒸汽機車頭，以及電氣機關車，自1964年新幹線通車啓用之後次年，便開始負責維修新幹線之列車，同時也肩負起協助訓練相關維修機構技術人員之業務。

依據工場長佐川先生表示，目前之維修能量以大修（運行累積里程數120萬公里或是每8年）爲例來計算，每15天便可以完成一列16節之新幹線列車，相關之維修作業均建立標準作業程序，每一階段所包含之作業內容要求以及時數等等均明顯標示於廠內作業區中。

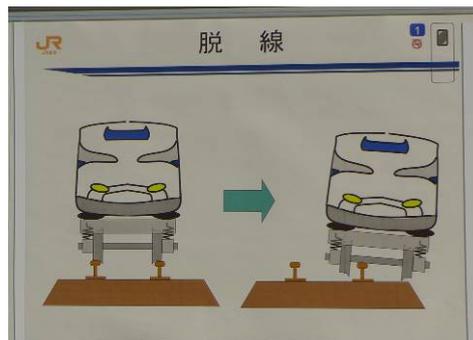
浜松車輛維修工廠不僅僅只有進行車輛之維修作業，對於行車安全也投入心血研究防範，因爲日本位於地震帶，高速列車對地震之防範尤其重要，因應地震發生時，降低車輛因出軌導致之損壞及傷害，該中心也配合軌道裝設出軌防護裝置之措施，研究發展在車輛之轉向架增設了相對之出軌防傾設施，以降低列車高速行駛時因地震導致出軌後之損傷，工廠專業人員以2004年上越新幹線地震時出軌之情況爲例，說明出軌之原因以及研究之對策，據此研發軌道結構之防出軌護軌，以及在車輛之轉向架加裝出軌防護裝置(詳圖二十一所示)。



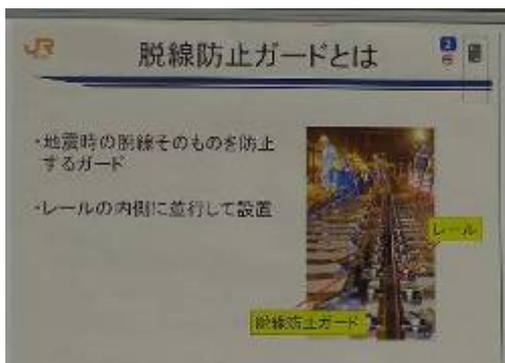
參訪JR東海浜松車輛維修工廠



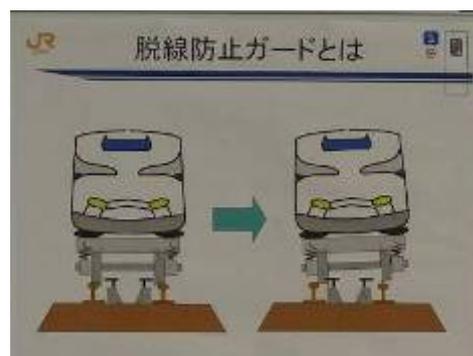
2004年上越新幹線地震時出軌情況



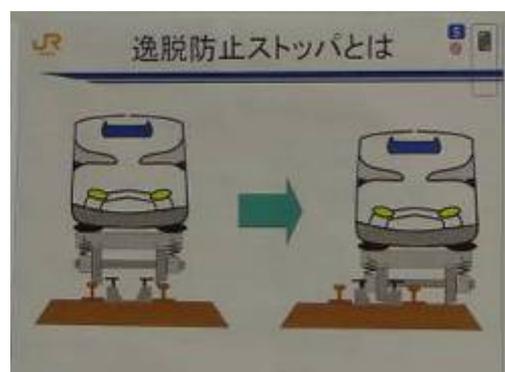
地震出軌情況模擬



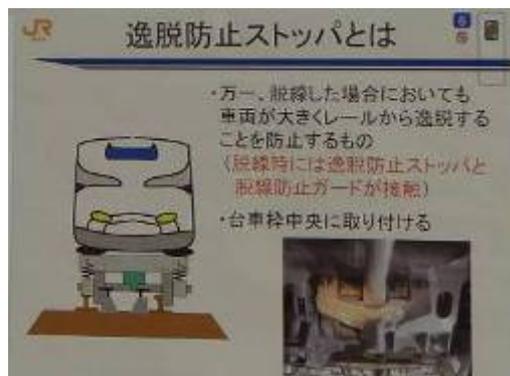
軌道出軌防護装置



軌道出軌防護装置示意圖



列車出軌後之防護示意圖



列車出軌防護設施示意圖



裝置於新幹線列車之出軌防護設施

圖二十一 新幹線地震出軌防護措施示意圖(攝自車輛維修基地之簡報)

## 五、大同岔心鑄造工廠

### 1. 公司簡介：

大同鑄造公司成立於1916年至今已近百年之歷史，以生產鑄造產品為主，是日本國內鐵路軌道道岔之岔心之主要供應商。產品之內容從以公克計算為單位之汽車小零件，至以公噸為計算單位之大型發電機渦輪扇葉等各式產品。對於鑄造品之製造方法，則有砂模型鑄造、離心鑄造、脫臘鑄造以及低壓冷箱鑄造等等，而軌道所使用之道岔則是利用砂模型鑄造法生產。

### 2. 岔心製造：

大同鑄造工廠在軌道工程是扮演提供軌道岔心之角色，該公司以其悠久之鑄造經驗及精良之技術提供品質優良之鑄造產品，經由鐵路營運相關單位了解，該公司之產品品質佳、穩定性高，深受用戶之肯定，臺鐵局以及本局也曾使用該公司之產品。

根據該公司武田場長說明，道岔岔心之製造過程，首先確認業主之需求，至於製造程序，概要說明如下：

方案設計 → 木模製作 → 修正完成 → 翻砂及真空抽吸  
完成岔心型體 → 高錳鋼原料熔解 → 灌鑄成形 → 熱  
處理 → 矯直對正 → 機械加工及打磨 → 成品之品質  
測試檢查（包含尺寸檢驗以及材料之物理性質）等等之程序才算完成，整體  
之製造程序。

### 3. 岔心與普通鋼軌之焊接：

因應長焊鋼軌發展需求，對於岔心與普通鋼軌之焊接，武田場長表示，岔心雖然是以高錳鋼材料，不過以目前之技術，已經可以在廠區內，以特殊之焊接技術，在岔心兩端先行焊連一小段之普通鋼軌，工程單位就可以在現場與前後之鋼軌焊接，達到整體長焊之目的。

## 六、大和軌道製造株式會社

### 1.公司簡介：

大和工業公司成立於1944年，以設計、開發及製造軌道產品為主，包含各式道岔、伸縮接頭以及絕緣接頭等等，產品行銷日本國內各鐵路事業單位以及亞洲，美洲等區，在台灣曾提供臺鐵局、台灣高鐵公司、中國鋼鐵公司，以及鐵工局等單位。

大和公司森川社長說明，該公司一直致力於道岔相關產品之設計與製造，以提供高品質之道岔及軌道相關予各界，經過不斷之努力，於公元2000年12月取得軌道產品之設計開發及製造之ISO9001：2000之認證。

### 2.道岔之設計與生產：

道岔可以算是客製化之產品，顧客方面提出其使用相關之功能需求，廠商再依據設計製造，比如鋼軌及軌枕之型式、道岔之號數、直線通過以及分歧通過之速度需求，以及其他特定要求，如岔心材質、型式，特殊地理環境要求（如寒冷地區之融雪設施、道岔之焊接需求）等等。

該公司曾多次承攬本局以及臺鐵局之道岔設計與製造業務，本次參訪目的也是希望藉著參訪了解目前世界對於道岔設計之趨勢，各式組件之設計生產、品管作業，鋼軌之加工，岔心等材料之材質及處理程序等，以及日本方面使用上之實務經驗交流，擷取經驗，有助於本局未來對於道岔相關設計及使用之經驗，提昇軌道結構強度、行車品質及安全，以及減低養護作業人力成本。



尖軌加工程序示意圖



岔心切削加工



加工完成之尖軌



道岔使用合成枕



道岔試組裝  
道岔加工程序

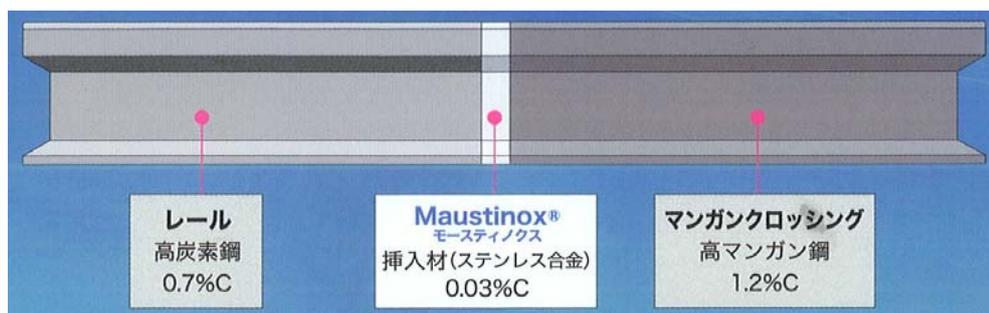
### 3.岔心與前後端鋼軌之焊接技術及養護機制：

該公司製造部長丸山先生表示，岔心雖然是採用高錳鋼材質，但仍與一般之鋼軌一樣，前後端之接頭部份經過長時間累積之衝擊輾壓，也會有磨耗變形之情形，列車通過時會產生較大之震動以及噪音，往往會造成環保之問題。

岔心兩端可焊接性之發展，可以說是因應環境發展需求，配合營運速度提升之行車安全，減低養護作業之考量等等之需求所；道岔岔心焊接有三大效益，包括岔心本身使用壽年之提高、養護作業省力化、降低列車通過之振動噪音等。

丸山先生表示，依目前之技術已經可以克服焊接之議題，其方式是以一段特殊材質作為中間之介質，在工廠以電阻焊接之方式將錳鋼岔心與普通鋼軌焊連在一起，如此在工地現場就可以利用熱劑焊接方式，將岔心與前後端之軌道焊連達到長焊鋼軌之目的。

丸山先生表示，高錳鋼岔心是由其協力廠商大同鑄造公司生產，再由大和道岔公司加工，以一小段特殊之不鏽鋼（Maustinox）材質，作為高錳鋼與碳鋼兩種不同材質間之介質，(詳圖二十二所示)。



圖二十二 高錳鋼材質與碳鋼材質焊接之介質(引用大和公司簡介資料)

使用電阻火花焊接之方式，分別與高錳鋼材質之岔心及另一端之碳鋼材質鋼軌焊連，讓道岔鋪設時岔心可以直接與前後之鋼軌焊接，減少接頭達到長焊鋼軌軌道之目標，焊接作業加工程序。

對於該介質之材質，依據該公司表示，相關之測試結果，可以發現在經過車輛通行一段時間之後，軌頂表面之硬度是介於普通鋼軌與高錳鋼岔心之間，

如此可以達到硬度漸變之效果，鋼軌與岔心之間不致於產生不均勻磨耗之情況，除了可以提供平順之行車條外，也可以減少許多養護作業，增加岔心之使用壽年，具備多重之效益。

岔心與鋼軌間焊接作業程序，使用電阻火花之之焊接方式再經處理之，後達到可以與普通鋼軌焊接之要求。

## 肆、鐵路工程設計及施工技術與典章制度規範之發展

### 一、工程設計及施工技術

日本具有深厚及久遠之鐵路建設發展歷史與先進工程技術，原本鐵路多屬國有，後因面臨許多營運上之問題，而於西元1987年成功將國有鐵路轉型成爲民營鐵路公司，不但減輕政府之負擔，同時成功推動鐵路營運新紀元，相關營運業務之執行更具彈性，同時又能配合國家基礎建設，提供快便利安全之運輸系統。觀察日本國內之鐵路建設一直是持續在發展及改善，除其鐵路工程相關技術居於領導之地位外，對於相關設計觀念規章之訂定與檢討作業以及執行之成果，在許多方面確實值得我國參考學習之處，但是整體而言最主要的是日本政府成立了一個專責之公益法人研發機構-RTRI，集合國內各方面專家及資源，專職鐵道之整體規劃、基礎技術研究、技術規章檢討等之作業，多年來所顯現之成效確實值得借鏡。

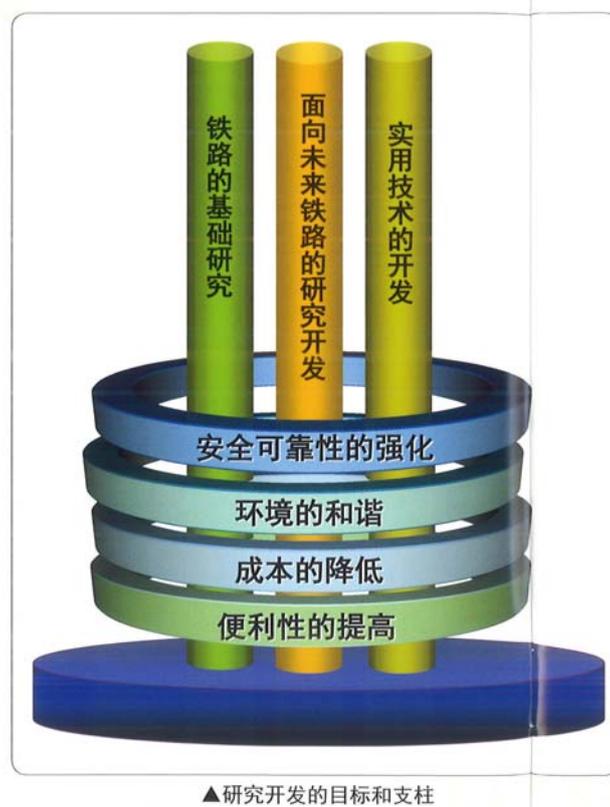
經由RTRI之介紹，可以了解該機構研究發展領域廣泛，從基礎之應用與發展至鐵路之營運與安全均包含在內， RTRI同時也表示，下列4項是該機構未來持續追求之目標，各項主要之研究內容及發展概要如下：

- 安全可靠強化：主要在於事故之預防以及天然災害之防止等，包含與現有設備兼容之新型車載速度查核式ATS、鐵路設施地震對策優先順序判定法之開發、地震發生時有關車輛運行之解析，以及使用HILS的虛擬編組行駛測試環境之構築等。
- 環境之和諧：主要在於節能以及震動、噪音改善等環境議題方面，包含電力再生車輛研發、燃料電池之鐵路車輛、滾動噪音預測方法、超導電纜之開發、電氣雙層電容器的電力儲藏裝置等。
- 降低之成本：在不影響可靠性之前提下降低建設及維修成本，包含有效延長車輛以及地上設施之使用年限、更有效率之檢查診斷方法，如用於構造物病害診斷之非接觸式震動測定系統等。

- 便利性提高：以創造出更為人性化、更為舒適便捷之鐵路系統為目標，如使用多孔材料降低噪音、隧道微氣壓波對策研發，以及高速大容量光通訊系統等。

但由於資源有限，為了更有效推動研究開發，RTRI是以面向未來鐵路之研究開發、實用技術的開發以及鐵路的基礎研究，計三個項目作為優先研究發展支柱及方向。

各項目標與發展支柱之相互關係可以用圖二十三及圖二十四來表現。



圖二十三 鐵道綜合技術研究所研究開發之目標及支柱(引用RTRI簡介資料)



圖二十四 鐵道綜合技術研究所未來鐵路之研究開發(引用RTRI簡介資料)

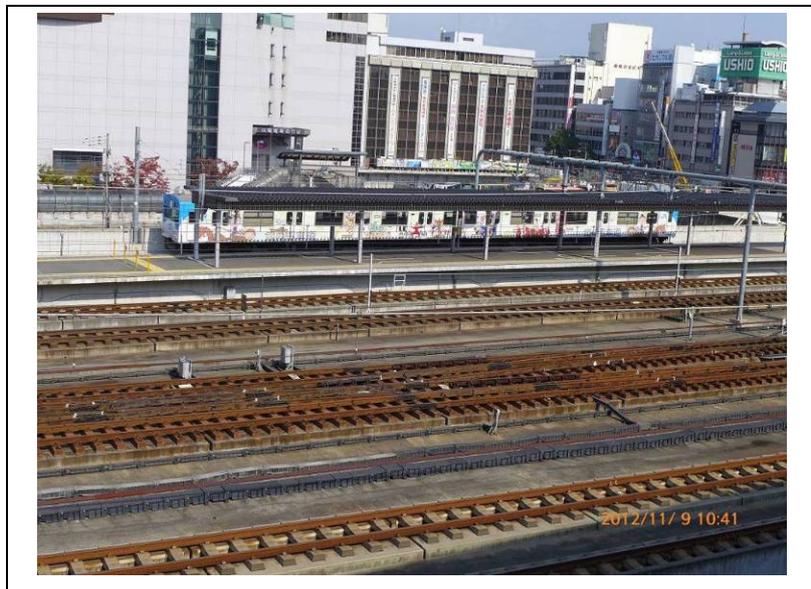
國內目前也有一些車輛技術發展機構或是軌道工程研究團體等，但囿於經費人力，終究難與日本政府支持之專業機構相比較，爲了國內鐵路事業之永續發展，如果能夠有效整合政府機構以及與民間專業技術人才與資源，群策群力，相信也會有一番局面呈現

鐵道系統間之規劃、發展與整合是鐵道局未來之任務，本次考察日本目前最新鐵路工程設計導向、施工技術及相關典章制度規範之發展情形，主要也就是希望藉此能有所受益，同時能提供鐵道局日後作業計畫之參考。

在本次考察過程中也可以發現，日本在來線軌道在高架區域，也是逐漸採取無道碴軌道之結構，以減低維修養護之相關人力費費用支出，此舉也顯示採用無道碴軌道結構，包含道岔部分，已經是主要之趨勢。



日本高架化軌道採用無道碴軌道情形(一)



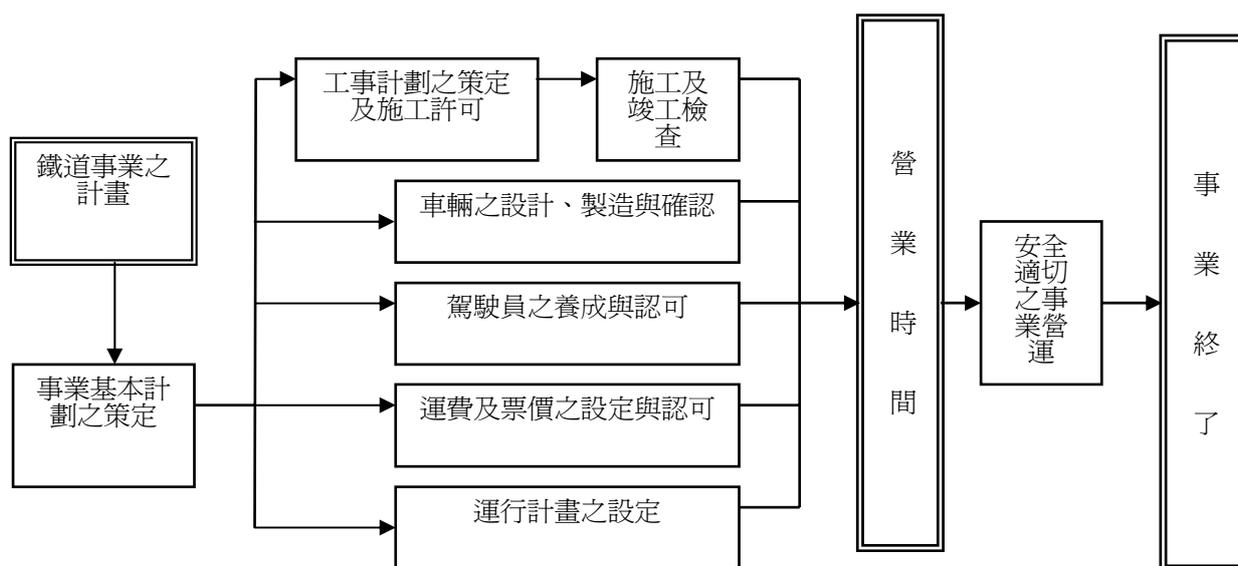
日本高架化軌道採用無道碴軌道情形(二)

在參訪過程中也可以發現，車站中各種標示系統均清晰分明，旅客可以很清楚的找到方向或是目的地。本局為辦理鐵路車站新建工程，也編訂了「鐵路車站旅運與站務設施設計注意事項」，包括旅客動線設施、售票與剪收票設施、服務設施及旅客資訊標誌等，提供研訂該部分設計準則，或承辦工程設計之顧問公司參考，在這次考察中可以感受到大眾運輸設施中車站動線之設計以及標示系統有相輔相成之功效，讓乘客感受到車站設施之便利、友善與關懷。

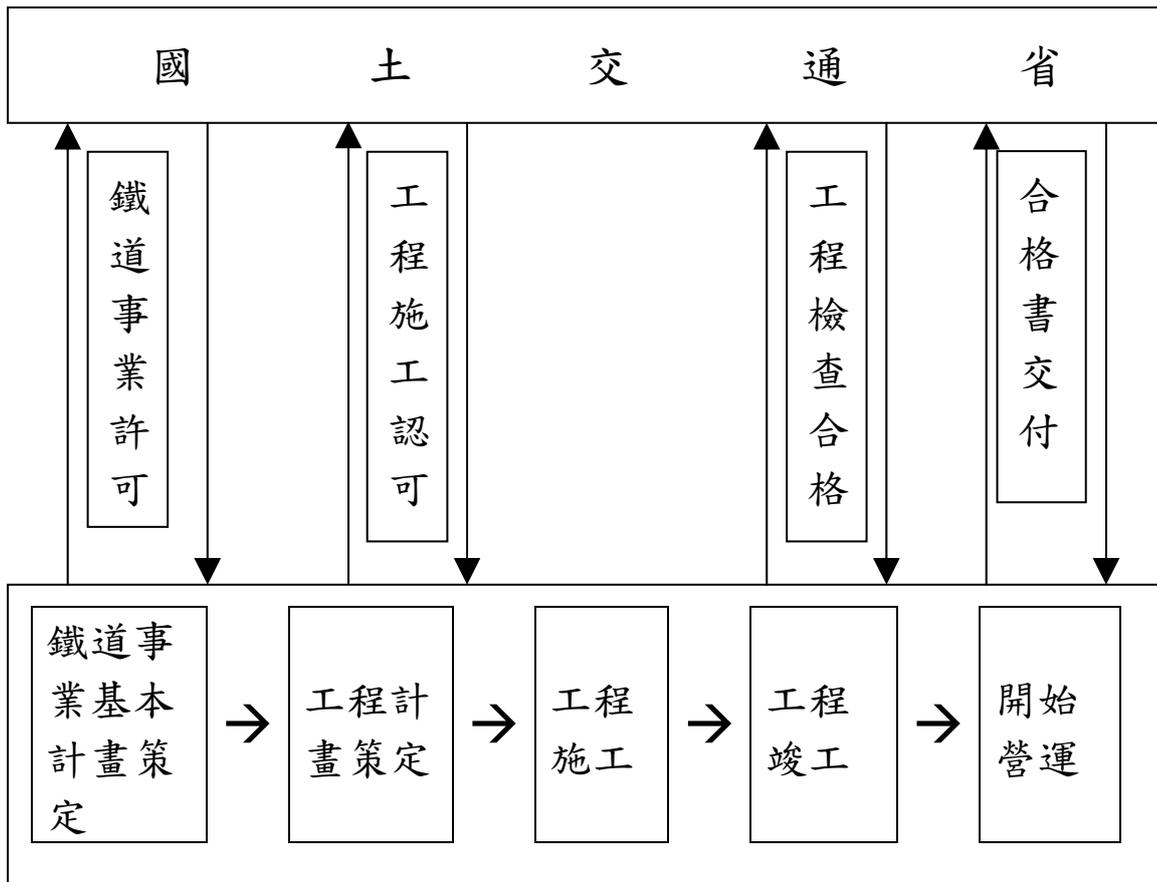
## 二、典章制度及技術規範之發展

日本國內主要之鐵道原多屬國營，對於鐵路營運機構之管理，原是以鐵道營業法為依據，後因應社會環境變遷以及營運績效之提昇，國鐵必須改革朝向民營化，為了因應鐵路機構屬性之變更，1986年政府也制定了鐵道事業法，以便管理民營化後之鐵道營運機構。該法之主要架構，除了包含對相關鐵路建設作業之規劃、設計、施工、竣工檢驗以及營運管理等等，同時也訂定相關之管理規章如營運機構向政府之報告程序、內容以及政府之監理作業等。鐵道事業法中對於鐵道事業計畫認可之流程架構如圖二十五所示。

至於鐵道事業執行之基本流程則如圖二十六所示



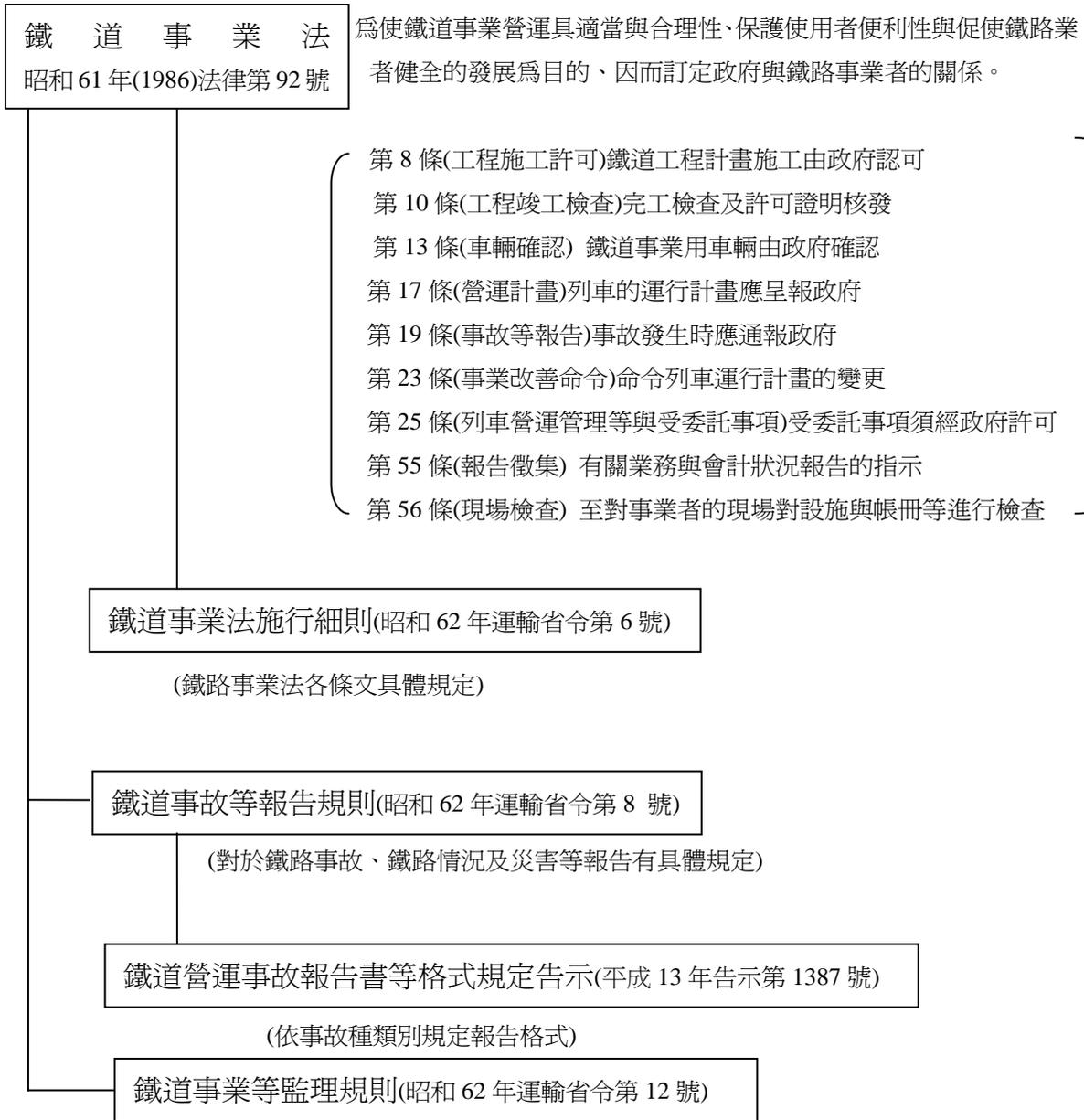
圖二十五 鐵道事業計畫認可之流程架構



圖二十六 鐵道建設計畫的基本流程

整體而言，日本國土交通省對於鐵道營運機構之管理，主要是以鐵道事業法以及鐵道營業法兩大體系架構為主，分別就相關設施之規劃、建設、管理以及營運與服務對象等相關之權利義務分別訂定，此兩大法規體系相關之要項內容，以及法規重要之沿革經過及內容概要分別如下所示：

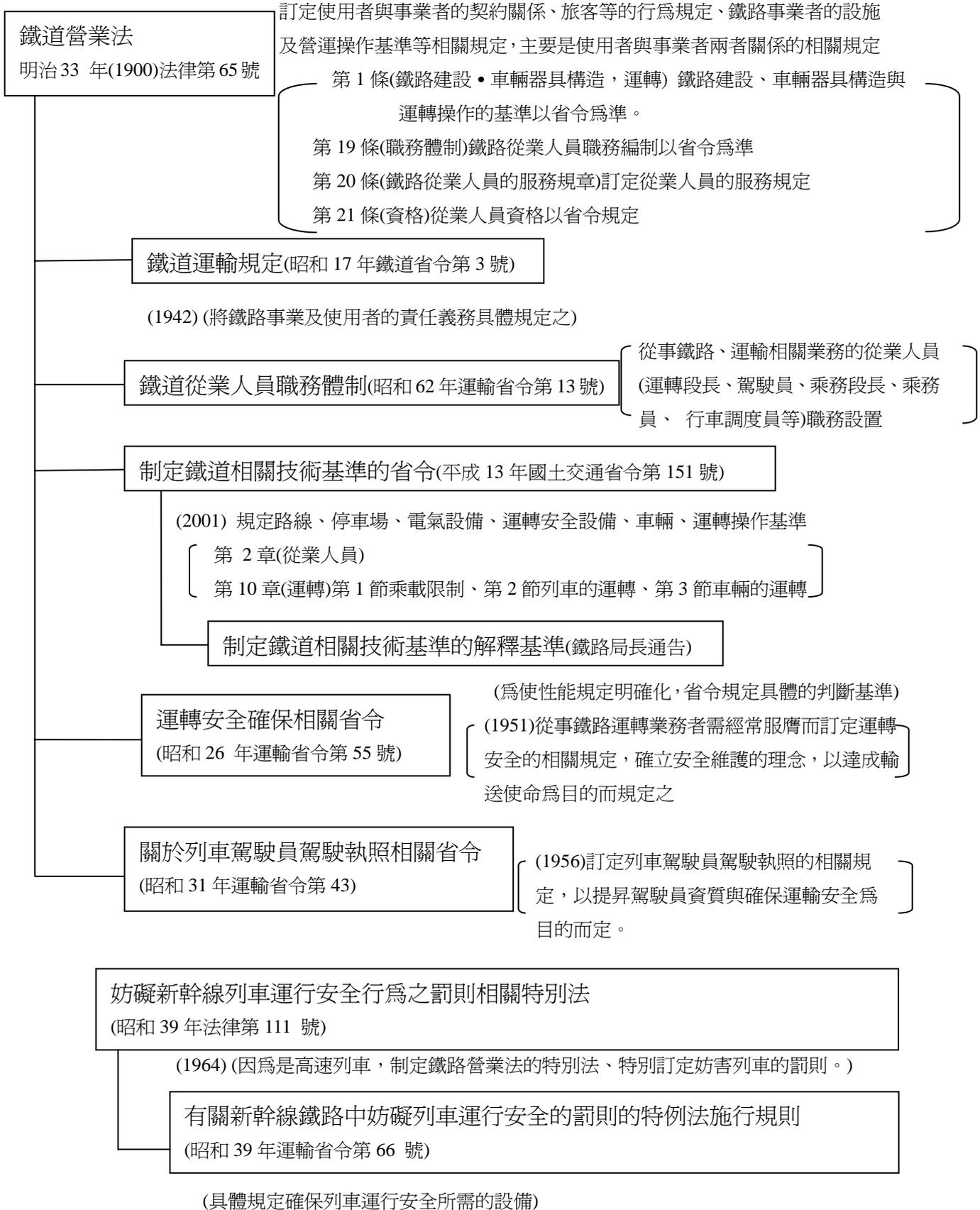
# 鐵道事業法相關法規體系



爲了堅理檢查設施及車輛的管理與保養、以及運輸操作次否適切而訂定此規定

- 有關運轉操作相關法令遵守的狀況、許可、認可、申報的實施狀況
- 有關依法營運之相關細則遵守狀況
- 事故與災害的處理狀況、防範對策的實施狀況
- 從事安全相關業務的人員職務編制與人員配置狀況
- 從業人員的資格及教育訓練的狀況與技能程度
- 其他

# 鐵道營業法相關法規體系



日本國土交通省除了執行鐵路機構之監督管理作業外，也同時負起相關規章以及技術規範等之研修，以便鐵路機構有所依循；對於相關規章規範等之內容，也委由專業機構協助提供規範相關之解說，同時也將該等規章或規範出版提供業界參考，修正時亦同，如圖二十七所示。



圖二十七 日本國土交通省印製之規章書籍例(引用自國土交通省簡報)

我國所使用之鐵路相關典章法規等，是由交通部依據鐵路法之規定制定，主要包含法規以及規範兩大類：法規部分主要有鐵路修建養護規則、鐵路機車車輛檢修規則、鐵路專用側線修建及使用規則、地方營民營及專用鐵路監督時施辦法等，與鐵路相關之建設、啓用與經營管理等；規範部分則包含以及鐵路橋梁耐震設計規範、鐵路橋梁設計規範、高速鐵路車輛技術標準規範、1067公厘軌距鐵路長焊鋼軌鋪設及養護規範、1067公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範，以及一四三五公厘軌距鐵路長焊鋼軌鋪設及養護規範等，相關之技術規範。

就國內目前之法規及技術規範體系，其架構內容及施行之情形尚稱完整，不過隨著社會經濟發展迅速，環境生態意識抬頭，社會大眾對於鐵路建設之參與度快速提升，對於改建方式、施工技術、工法，日後相關之噪音振動等環保議題，以及鐵路沿線在高架或是地下化完成後，土地之開發利用方式等等，均提出許多之建議。因此，對於鐵路相關改善或改建工程之設計導向、

環境保護，以及相關工程技術標準、規章等等，更需能及時反映時代之變遷以及需求。

此次考察之目的，即是希望藉由參訪日本相關政府以及民間相關單位，了解日本對於相關法規之制定、研修以及執行監督機制，以及整個政府與民間架構間之相互關係，是如何達到因應時勢以及滿足需求。日本國內相關專業技術人力，也藉著轉型集中運用，不但能有更大之發揮空間，更能有效運用，從規劃、設計、施工、營運至監督作業能完整的運作，同時也成立專業機構，不斷的開發創新，提供便捷、環保、安全之運輸系統。

### 三、道岔設計及發展

#### 1.道岔之功能與設計需求

道岔主要是提供列車轉換股道，列車在轉換股道時允許之行車速度是主首要之條件，由於道岔區域無法設置超高，因此道岔設計時，是以允許之超高不足量以及道岔本身配置之曲線半徑，來計算允許分歧通過之速度，道岔之號數也是依據分歧之角度比來計算，自然分歧速度要求越高，角度就越小，曲線半徑就越大，道岔本身之長度也就越長。

#### 2.道岔配合長焊軌道之相關設計作業：

長焊鋼軌軌道是臺鐵局對於一般軌道鋪設之原則，但是對於道岔部分則尚未建立焊接作業之要求或規範，本局辦理臺鐵局路線之改建計畫，除了依據臺鐵局相關之規章外，同時也考量軌道未來發展之需求以及養護作業之便利性等等，主要之目的就是提供臺鐵局先進技術提升軌道以及行車品質。

道岔本身包含許多之接頭，一直以來就是軌道工程養護之重點，所耗費之人力物力也相對較多，對高速通過之列車，減少接頭可以減少通過道岔時之震動及噪音，這點對於都會區域更是高度關切之環境議題重點，所以道岔之可焊接性，是本局對於未來相關之改建計畫，尤其是都會區域

計畫軌道設計時之主要訴求。

本次參訪主要目的之一，便是了解台鐵系統軌道之道岔，以長焊方式設計及施工時，對於可焊接型式高錳鋼岔心之設計及製作以及實際運用情況，確認未來之設計導向以及施工技術。

### 3.可焊接式岔心之加工作業：

爲了減少鐵路運轉所產生之噪音，一般軌道區域之鋼軌多已經採取焊接方式成爲連續長焊鋼軌軌道，以消除車輛通過接頭時所產生之噪音源，此舉不但可以降低噪音減少震動，同時也可以提升車輛行駛時之舒適度，不過道岔區域一直仍是噪音振動之主要來源之一，其原因就是高錳鋼岔心一直未能與其前後鋼軌焊接所致。

臺鐵道岔之岔心採用高錳鋼材質製作，就是取其耐磨耗、高韌性之特質，但是也因其材質特殊性，不易採用傳統鋼軌之焊接方式與普通鋼軌焊接，也因此車輛通過岔心區域時，無可避免會產生噪音以及震動。這一點在本局員林計畫中之情況尤其明顯，在員林站北端之道岔區因爲鄰近社區，社區之居民對於列車長期而頻繁通過道岔區所產生之噪音，已經表示難以忍受，由其四處陳情抗議即可了解。

爲了因應日漸嚴峻之噪音振動環保議題，高錳鋼岔心前後端與相鄰鋼軌之焊接與否也就成爲道岔設計時必須考量之議題。

此次之參訪除了確認設計製造以及施工方面之可行性，更確認道岔之高錳鋼岔心與前後鋼軌之焊連結果成效顯著，同時對於養護作業也有顯著之效益，值得推廣。

## 伍、心得與建議

### 一、心得

1. 本次考察過程承蒙日方相關單位熱心安排與協助，各參訪單位均將日本豐富成熟之鐵路工程經驗及相關技術詳細簡報說明，並立即進行討論及解說，深刻體會到日本鐵路整體典章制度的完整與縝密，工程技術的專業與用心，從鐵路工程規劃設計、施工及營運維修相關標準、解說等鉅細靡遺，非常值得國內未來鐵路建設發展之參考。
2. 日本國土交通省以監督管理的角色，針對技術基準、修建或開發計畫審查、車輛安全規範、營運監理業務及重大事故調查等，建立一套完整之法令及基準解說等資料，以利營運事業主體各自訂定合適之實施基準，確保營運安全要求之作法，可供日後鐵道局訂定相關規定參考。
3. 日本國土交通省鐵道局依據制定之鐵道事業法、鐵道營業法、軌道法、全國新幹線鐵道整備法、日本國有鐵道改革法等為主體以及相關之法規執行，雖然業務繁多職責深重，不過藉著完整之典章制度與完善之規範系統，各部門能落實執行及遵守，整體運作情況甚為良好，並藉著該國厚實之基礎以及技術，鐵路之建設以及運作蒸蒸日上，營運安全績效甚佳，值得學習。同時其成功之處，也是能針對於各式各樣不同的營運單位，或者是不同目的，不同性質的鐵道，建置完整的管理系統及技術規範，督導各個營運主體能獨立管控與研發創新。
4. 鐵道綜合技術研究所之成立與發展，對於日本鐵路建設相關研究發展及技術能力之提升，以及鐵路運輸路網之建設規劃與環境保護等相關議題，均能及時有效提出可行之建議及實質作法，發揮了相當大的功能與貢獻，同時也能夠將相關技術輸出至海外其他國家，在國際上具有舉足輕重之地位。除了提高研究所本身之運作效益外，更能提升國家之聲望。國內目前也有一些車輛技術發展機構或是軌道工程研究團體等，但

囿於經費人力，終究難與日本政府支持之專業機構相比較，爲了國內鐵路事業之永續發展，如果能夠有效整合政府機構以及與民間專業技術人才與資源，群策群力，相信也會有一番局面呈現。

5. 鐵路工程技術日新月異，除了追求快速、準點、便利之外，鐵路相關改善工程之設計發展、環境保護，以及相關工程技術標準、規章制訂等等，需能及時反映時代之變遷需求以及未來之發展重點。而日本鐵路建設一直是持續在發展及改善，除其相關技術居於領導之地位外，對於相關設計觀念規章之訂定檢討作業以及執行之成果，在許多方面確實值得效法學習之處。

## 二、建議

1. 日本國內對於典章規範之建置以及相關之解說甚爲翔實，除印製書及提供相關機構參考外，同時配合相關基礎技術之研發，能即時應用於實務上以及檢討修訂，整體之作業程序及作法值得我國借鏡與學習。
2. 日本JR東海重視永續經營，對於人才之培育模式，包含研修中心之教育體系以及實務技術訓練等，各種軟硬體設施完善，同時能結合專業技術及經驗傳承，值得國內參考建置。
3. 近年來國內鐵道工程建設發展，雖陸續引進鐵路工程新技術及工法，然缺乏實地驗證。國內目前各項鐵路工程設計，相關之技術參數大多引用國外資料，無法完全符合國內之需求，因此國內確有需從許多基礎研發與試驗著手，建立相關測試資料庫及驗證工作，以落實技術生根，同時能帶動更多的創新與設計發展。
4. 爲落實軌道工業及技術的本土化，宜由政府出面整合相關機構，同時建議成立綜合技術研究室，積極發展軌道技術以及認證等事宜，並多收集先進國家鐵道工程技術發展資料，建立資料庫以利引用及參考，亦藉由在建工程施工經驗回饋，提升國內整體設計技術素質。

5. 此次之參訪除了確認道岔設計製造以及施工方面之可行性，更確認道岔之高錳鋼岔心與前後鋼軌之焊連結果成效甚佳，同時對於養護作業也有顯著之效益，值得推廣。

## 陸、參考文獻

1. RTRI Master Plan Research 2010, November 2009
2. JR TT report “Contribute to the tomorrow’ s transportation network” , from <http://www.jrtt.go.jp/>
3. JR 東海網路之公司營運區域以及組織介紹資料 <http://jr-central.co.jp/>

## 柒、附件

- 一. 日本國土交通省鐵道局簡報
- 二. 日本鐵道綜合技術研究所(RTRI)資料
- 三. 鐵道建設・運輸設施整備支援機構(JRRT)簡報資料
- 四. JR 東海研修中心介紹資料

附件一：日本國土交通省鐵道局簡報

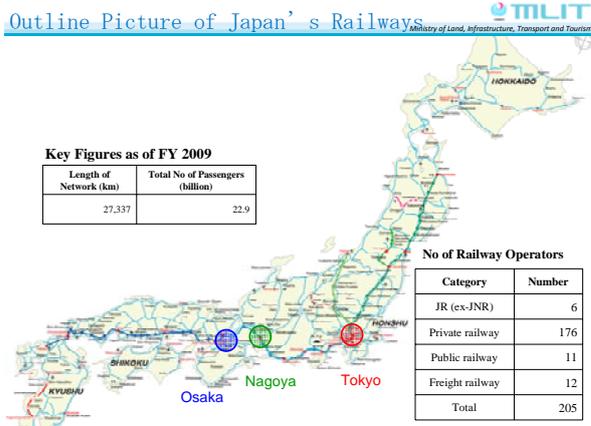
## Japan's Efforts to Ensure the Safety of Railways

**November 5th, 2012**  
**Railway Bureau**  
**MLIT**



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

### Outline Picture of Japan's Railways



**Key Figures as of FY 2009**

Length of Network (km)	Total No of Passengers (billion)
27,337	22.9

**No of Railway Operators**

Category	Number
JR (ex-JNR)	6
Private railway	176
Public railway	11
Freight railway	12
<b>Total</b>	<b>205</b>

### Various Types of Japan's Railways



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism



Shinkansen (HSR)



Urban Railways



Subways



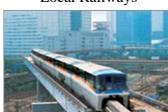
Local Railways



LRT



AGT (Automated Guideway Transit)



Monorails (1)



Monorails (2)



MAGLEV

### National system to ensure safety



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

**Railway Bureau Ministry of Land, Infrastructure and Transport**

(MLIT)  
Japan Transport Safety Board

Supervision

Applications for authorization and Reporting

**Railway Operators**

Investigation and research

Construction and support

Railway Technical Research Institute

Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

4

### Administrative connection between MLIT & Railway Operator



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

**MLIT**

Give an approval

Completion Inspection of Construction

On-Site Inspection

**Railway Operator**

Establish a construction plan (Change of Railway Facilities)

Apply Construction Plan

Construction of Railway Facilities

• Operation of Railway business  
 • Maintenance of Facilities & Rolling Stocks (Regular Inspection)

### Japan's Regulation System for Safety



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

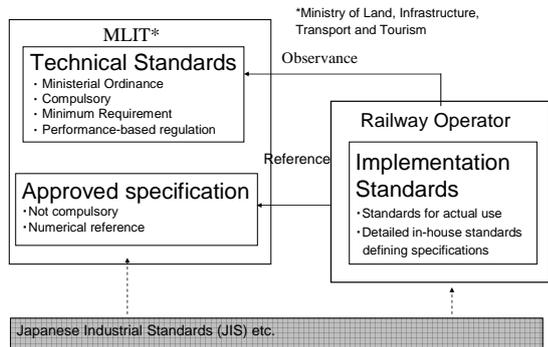
**Legal system for the railway business (technical)**

**Railway Business Act: stipulates requirements for running the business and the procedures of facility construction, operation planning, etc.**

- Ordinance for Enforcement of the Railway Business Act: stipulates the details of procedures provided in the Railway Business Act
- **Ordinance for Inspection of Railway Facilities, etc.:** stipulates the procedures of the facility construction completion test
- Ordinance for Report of Railway Accidents, etc: stipulates the procedures for reporting to the government when an operation accident, etc. has occurred.
- Ordinance for Report of Railway Business, etc: stipulates regular reporting on the railway business.
- **Ordinance for Inspection of Railway Business, etc:** stipulates the method of auditing the railway business.

**Railway Operation Act: stipulates the obligations and rights of railway business operators, staff, passengers, etc.**

- **Ordinances to provide technical standards concerning railways**
- Provide technical standards concerning railway structures and operation handling
- Ordinance to ensure operational safety
- Provides standards to be observed by persons engaged in driving
- Ordinance concerning powered rolling stock (tractive units) driving licenses: stipulates types of driving licenses, and examinations and procedures for obtaining a license



7

- Confirm the compatibility with specifications and technical standards of E & M  
⇒ Confirm by the railway operators
  - Confirm the compatibility with technical standards of the Basic Matters  
⇒ Confirm by MLIT
- ※ Third party certification is not required in Japan

The Japanese railway system has various measures aiming to prevent collision, derailment and fire from happening to secure safety and stable transportation.

1. Avoiding a collision or a derailment as far as possible through improving signaling system and so forth.
2. Depending on structure and usage, railway operators appropriately maintain cars, signals, tracks, etc.
3. Railway operators should provide adequate education and training to their staff and crew, in order to be well versed in necessary knowledge and skills.

Contents of Technical Standards (Ministerial Ordinance)

1. General Rule --- Objective, Definition, Noise Prevention, etc.
2. Staff
3. Permanent Way --- Radius of curvature, Gradient, Construction Gauge, Distance between Track Centers, Track Structure (earthquake-resistance) Facilities of Underground Stations etc.
4. Depot
5. Intersection with Roads
6. Electric Facilities --- Contact Line and Other Facilities Proximity or Crossing of Overhead Electric Lines, etc.
7. Operation Safety Facilities --- Signal Safety Facilities, etc.
8. Rolling Stock --- Fire Prevention Measure, etc.
9. Maintenance of Facilities and Rolling Stock --- Regular Inspection, etc.
10. Train Operation

1. Install of apparatus (ATS,ATC).
2. Depending on structure and usage, railway operators appropriately maintain cars, signals, tracks, etc.
3. Railway operators should provide adequate education and training to their staff and crew, in order to be well versed in necessary knowledge and skills.

12

**(Ministerial Ordinance)**

  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

### (Apparatus to Automatically Decelerate or Stop Trains)

**Article 57.**

In the case when trains are operated by the block system, apparatus to automatically decelerate or stop trains depending upon signal aspects and guide way conditions shall be installed.

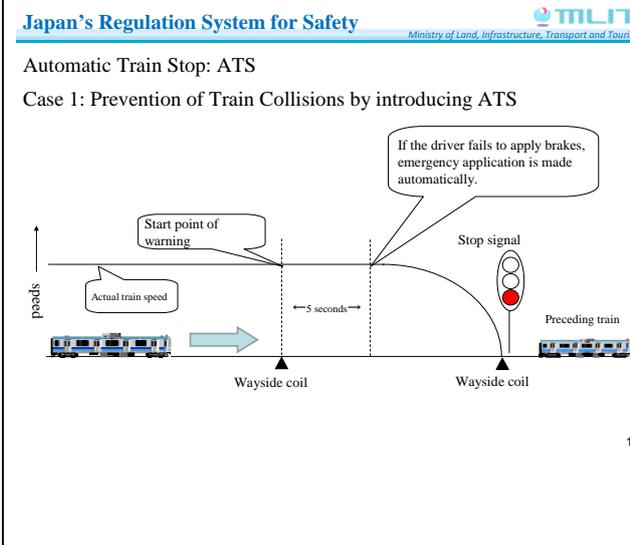
13

**(Approved Specification)**

  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Automatic train stop apparatuses to be located in accordance with the provisions of 1 in a double-track line shall be a type whose basic functions meet either of the following requirements:

- (1) In cases where a main signal indicates a stop signal, the device automatically stops trains outward of this signal if braking operation for such trains is not conducted at a predetermined point.
- (2) In cases where a main signal indicates a stop signal, the device automatically stops trains outward of this signal (in cases where the control system of a signal is the overlap type, the terminal of the overlap section) if such trains run at a speed exceeding a certain level at a predetermined point.



**(Approved Specification)**

  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

In the cases listed below, automatic train stop devices to be located in accordance with the provisions shall be a type that can automatically slow down trains to a safe speed or stop them before the near side of a speed restriction point, a stop limit point, etc., when the train runs at a speed exceeding a certain level at a predetermined position.

There is a risk of overturn to the outside of curves when a train intending to enter a curve comes into the section at a speed enabling operation (i.e., the maximum speed between stations. However, in cases where there is a device to restrict speed in front, or where a train starts from a place where trains necessarily stop, such as at a terminal station, this shall be a speed that can be reached by normal operation under these conditions. The same shall apply hereafter in these items.).

16

**Explanation**

  
国土交通省

[Criterion]  
Risk of overturning (Decrease of axle load of wheels on inside of curve)  $D > 0.9$   
Kumeda's equation used in this Article is as shown below.

$$D = \frac{2m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}{4m_1^2 + m_2^2 + m_3^2} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_4}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_5}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_6}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_7}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_8}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_9}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{10}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{11}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{12}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{13}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{14}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{15}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{16}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{17}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{18}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{19}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{20}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{21}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{22}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{23}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{24}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{25}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{26}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{27}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{28}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{29}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{30}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{31}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{32}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{33}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{34}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{35}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{36}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{37}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{38}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{39}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{40}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{41}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{42}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{43}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{44}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{45}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{46}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{47}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{48}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{49}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{50}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{51}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{52}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{53}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{54}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{55}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{56}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{57}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{58}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{59}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{60}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{61}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{62}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{63}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{64}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{65}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{66}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{67}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{68}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{69}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{70}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{71}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{72}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{73}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{74}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{75}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{76}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{77}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{78}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{79}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{80}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{81}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{82}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{83}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{84}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{85}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{86}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{87}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{88}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{89}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{90}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{91}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{92}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{93}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{94}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{95}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{96}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{97}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{98}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{99}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2 + \frac{m_{100}}{m_1} \left( \frac{v}{v_0} \right)^2$$

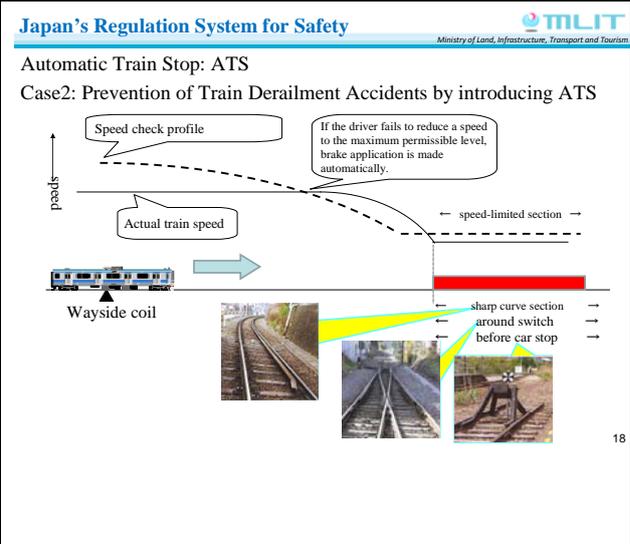
Over-centrifugal force    Vibratory inertia force    Wind pressure

Symbols:

- mB: Mass of half car body (kg)
- mT: Mass of bogie including axle load (kg)
- m: Mass of half car = mB + mT (kg)
- w: Mass ratio of bogie to half car body (= mT/mB)
- Yw: Wind pressure (N)
- Yv: Force of inertia by car body vibration
- hGB: Rail-level height of gravitational center of car body (m)
- hGT: Rail-level height of gravitational center of vehicle body (m)
- e: Distance between gravitational center of car body and wind pressure center (m)
- e: Height of wind pressure center (hGB + e)
- hG\*: Effective height of gravitational center of car body (m)
- hBC\*: Effective height of gravitational center of car body (m) (Effective heights hG\* and hBC\* 25% increase of hG and hBC each)
- R: Radius of curve (m)
- g: Gravitational acceleration = 9.8m/s<sup>2</sup>
- v: Running speed (m/s)
- θ: Cant angle (rad): tan θ = C/G
- C: Cant (m)
- G: Distance between left and right wheels and rail contact point (m)
- ay: Lateral vibration acceleration at gravitational center of car body (m/s<sup>2</sup>)
- w: Wind velocity (m/s)
- ρ: Air density (kg/m<sup>3</sup>) (1.25 kg/m<sup>3</sup>)
- S: Side area of half car body (m<sup>2</sup>)
- CD: Drag coefficient (1.0)

The stipulations of (2) are for cases where there is a risk of overturning due to overspeeding at a turnout.  
In the case of (2), the provision requires that automatic train stop devices be capable of slowing down trains approaching the turnout side of a turnout device at the speed enabling operation to a speed at which there is no risk of overturning before the turnout section.  
The criteria for overturning are given in the interim report as follows.  
Incidentally, since pendulum cars, locomotives, etc. vary in coefficient, etc., according to the type of car, the data must be entered carefully.

17



Status of ATP installation

as of March 2011

Enterprise type	Route length (km)	Installation length (km)		Installation rate (%)
		ATP(ATC <sup>1</sup> )	ATP(ATC <sup>2</sup> )	
JR (Conventional line)	17,505.8	17,254.5	251.3	100
JR (Shinkansen)	2,620.2	0.0	2,620.2	100
Major private railways	2,671.6	2,556.2	115.4	100
Railways owned by local government	749.6	18.3	731.3	100
Small and Medium-sized railways	3,712.7	3,406.7	306.0	100
Total	27,259.9	23,235.7	4,024.2	100

\*1 ATS is a device to stop or decelerate the train automatically in depending upon a signal.  
 \*2 ATC is a device to stop or decelerate the train automatically by controlling continuously depending on track conditions and the interval between the trains and other trains on the route.

Status of ATP which can stop or decelerate trains in case of exceeding speed limit, at curve sections, turnouts, ends of the track

as of March 2011

Installation rate (%)	Curve sections	Turnouts	Ends of the track
	93	61	91

19

1. Install of apparatus (ATS,ATC).
2. Depending on structure and usage, railway operators appropriately maintain cars, signals, tracks, etc.
3. Railway operators should provide adequate education and training to their staff and crew, in order to be well versed in necessary knowledge and skills.

20

■ Maintenance of Facilities and Rolling Stocks

● Technical Standards (Ministerial Ordinance Chapter 10)

- (87) Maintenance of Facilities and Rolling Stock
- (88) Inspection and Field Test of Newly Installed Facilities and Newly Manufactured Rolling Stock
- (89) Inspection tour and Monitoring of Main Track and Overhead Electric Line over the Main Track and Inspection of Train
- (90) Regular Inspection of Facilities and Rolling Stocks

Public Notice

- 1) Purpose
- 2) Periodic Track Inspection
- 3) Periodic Inspection for Electric Facilities
- 4) Periodic Inspection for operational safety devices
- 5) Periodic Inspection of Rolling Stock
- 6) Special Cases of Inspection

(91) Record

21

◆ Regular Inspection of Facilities

◎ Ministerial Ordinance (Article 90)

A pertinent cycle, item and method of inspection for facilities and rolling stock shall be determined according to their type, structure and usage, before the regular inspection is carried out.

2. When Minister of MLIT issues a public notice to stipulate the items for the inspection mentioned above, inspection shall be carried out accordingly.

◎ Public Notice (Article 1)

Track shall be inspected periodically for each type of the railroad according the kind of facilities within the period specified in the following chart.

◎ Approved specification

Track shall be inspected for track irregularity (gauge, level, crosslevel, alignment, twist), track condition (joint gap, etc), track item (rail, sleeper, etc)

◎ Public Notice (Article 1)

Electric Facilities shall be inspected periodically for each type of the railroad according the kind of facilities within the period specified in the following chart.

22

Cycle, item and method of inspection for facilities and rolling stock

(Following chart :Conventional line)

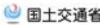
Type of Facilities		Period	
Track	Track	1 year	
	Structures (Bridge, Tunnel, etc)	2 years	
Electric Facilities	Circuit Breaker (Feeder side), Contact Line, etc.	1 year	
	Other Electric Facilities	2 years	
Operation Safety Facilities	Devices to Ensure Block, Device to slow down or stop the train automatically, etc.	1 year	
	Other Operation Safety Facilities	2 years	
Type of rolling stocks	Period (mileage)		
	Condition-based and functional inspection	Important parts inspection	General inspection
Internal combustion locomotives and internal combustion railcars	3 months	4 years or 500,000km	8 years
Other rolling stocks	3 months	4 years or 600,000km	8 years

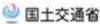
23

1. Install of apparatus (ATS, ATC) .
2. Depending on structure and usage, railway operators appropriately maintain cars, signals, tracks, etc.
3. Railway operators should provide adequate education and training to their staff and crew, in order to be well versed in necessary knowledge and skills.

24

<p>Ministerial Ordinance</p> <p style="text-align: right;"> Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism</p> <p>(Education and Training of Staff)</p> <p>Article 10. A railway operator shall provide adequate education and training to those who are directly engaged in train/car operation and do maintenance relevant works for rail facilities and rolling stock, in order for them to be well versed in necessary knowledge and skills.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> <li>▪</li> </ul> <p style="text-align: right;">25</p>	<p>Contents of Technical Standards (Ministerial Ordinance)</p> <p style="text-align: right;"> Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. General Rule --- Objective, Definition, Noise Prevention, etc.</li> <li>2. Staff</li> <li>3. Permanent Way --- Radius of curvature, Gradient, Construction Gauge, Distance between Track Centers, Track, <u>Structure</u> Facilities of Underground Stations etc.</li> <li>4. Depot</li> <li>5. Intersection with Roads</li> <li>6. Electric Facilities --- Contact Line and Other Facilities Proximity or Crossing of Overhead Electric Lines , etc</li> <li>7. Operation Safety Facilities --- Signal Safety Facilities, etc.</li> <li>8. Rolling Stock --- Fire Prevention Measure , etc.</li> <li>9. Maintenance of Facilities and Rolling Stock --- Regular Inspection, etc.</li> <li>10. Train Operation</li> </ol>
--	--

<p>(Ministerial Ordinance)</p> <p style="text-align: right;"> Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism</p> <p>(Structures)</p> <p>Article 24. Structures such as earthwork, bridge, and tunnel shall be able to withstand the anticipated load. They shall also be free from any impediment for the safe car operation like the deviation of structures caused by the load and impact of the train.</p>	<p>Approved specification</p> <p style="text-align: right;"> 国土交通省</p> <p>The design of earthworks, bridges, tunnels and other structures shall conform to the notifications in the following "Technical Standards Concerning Railway Structures and the like".</p> <p>Design Standards Concerning Railway Structures and the like</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) earth structures</li> <li>(2) concrete structures</li> <li>(3) steel and composite structures</li> <li>(4) foundation structures</li> <li>(5) retaining structures</li> <li>(6) shield tunnels</li> <li>(7) steel and concrete compound structures</li> <li>(8) earth structures for low maintenance tracks</li> <li>(9) cut-and-cover tunnels</li> <li>(10) seismic design</li> <li>(11) tunnels made using NATM (New Austrian Tunneling Method) for urban areas</li> <li>(12) displacement limit</li> </ol> <p>Design of a structure using the allowable stress concept (excluding seismic design) shall conform to "Design of structures Using the Allowable Stress Concept" in the attached sheet No.6.</p>
---	--

<p style="text-align: right;"> 国土交通省</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The design of Track shall conform to the notifications in the following "Technical Standards Concerning Railway Structures and the like" too</li> </ul> <p style="text-align: right;">29</p>	<p style="text-align: right;"> Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism</p> <p>Provisions on Structures (Approved Specification)</p> <p>The design of earthworks, bridges, tunnels and other structures shall conform to the notifications in the following "Technical Standards Concerning Railway Structures and the like".</p> 
---	--

<p>(Ministerial Ordinance) </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (Maintenance of Facilities and Rolling Stock)</li> <li>• Article 87. <b>Rail track</b> and electric facilities to operate trains/cars (hereinafter referred to as “electric facilities”) <b>shall be maintained in an appropriate condition to provide a safe car operation at the designated speed.</b></li> <li>• 2. In case the main track and the electric overhead lines installed over the main track are not in the condition described in the previous paragraph temporarily, necessary measures including speed restriction shall be taken to maintain a safe train operation. Those areas that need special attention shall be carefully monitored</li> <li>• 3. Operation safety device shall be maintained to operate accurately.</li> <li>• 4. Rolling stock shall not be operated unless they are maintained to function accurately.</li> </ul> <p style="text-align: right;">31</p>	<p>Approved specification </p> <p><b>IX-1 Related to Article 87 (Maintenance of Facilities and Rolling Stock)</b></p> <p><b>Maintenance of structure and tracks shall be “Maintenance standards for railway structures and commentary” (MLIT Report No. 73, 2007)</b></p> <p style="text-align: right;">32</p>										
<p></p> <p>Maintenance standards for railway structures and commentary”</p> <p>(1)concrete structures (2) steel and composite structures (3) foundation structures and retaining structures (4) tunnels (5)earth structures (6)track</p> <p style="text-align: right;">33</p>	<p>Approved specification </p> <p>The design of earthworks, bridges, tunnels and other structures shall conform to the notifications in the following “Technical Standards Concerning Railway Structures and the like”.</p> <p>Design Standards Concerning Railway Structures and the like</p> <p>(1)earth structures (2)concrete structures (3) steel and composite structures (4) foundation structures (5) retaining structures (6) shield tunnels (7) steel and concrete compound structures (8) earth structures for low maintenance tracks (9) cut-and-cover tunnels <b>(10) seismic design</b> (11) tunnels made using NATM (New Austrian Tunneling Method) for urban areas <b>(12)displacement limit</b></p> <p>Design of a structure using the allowable stress concept (excluding seismic design) shall conform to “Design of structures Using the Allowable Stress Concept” in the attached sheet No.6.</p>										
<p></p> <p><b>Example of flow of seismic design and relation to each chapter</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; padding: 5px;">Setting of required performance Seismic structure plan</td> <td style="padding: 5px;">Setting of required performance at the time of an earthquake Study of seismic structure plan</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Setting of input earthquake motion</td> <td style="padding: 5px;">Setting of L1 earthquake motion and L2 earthquake motion</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Evaluation of Subsurface Ground</td> <td style="padding: 5px;">Site specific ground response analysis (i)By means of dynamic response analysis (ii)By means of ground classification</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Calculation of response value of structure</td> <td style="padding: 5px;">(A)Analysis to confirm break-down pattern of structure (B)Analysis to calculate response value with respect to design earthquake motion</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Check of required performance</td> <td style="padding: 5px;">Confirmation of structural damage mode and performance check</td> </tr> </table>	Setting of required performance Seismic structure plan	Setting of required performance at the time of an earthquake Study of seismic structure plan	Setting of input earthquake motion	Setting of L1 earthquake motion and L2 earthquake motion	Evaluation of Subsurface Ground	Site specific ground response analysis (i)By means of dynamic response analysis (ii)By means of ground classification	Calculation of response value of structure	(A)Analysis to confirm break-down pattern of structure (B)Analysis to calculate response value with respect to design earthquake motion	Check of required performance	Confirmation of structural damage mode and performance check	<p></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Since we suffered huge damage on the viaduct of Sanyo-Shinkansen line in 1995 due to the Great Hanshin earthquake, we have tightened the earthquake standards.</li> <li>• Therefore, there was hardly any damage from the Great East Japan earthquake on the structure which was designed based on the revised earthquake standards.</li> </ul>
Setting of required performance Seismic structure plan	Setting of required performance at the time of an earthquake Study of seismic structure plan										
Setting of input earthquake motion	Setting of L1 earthquake motion and L2 earthquake motion										
Evaluation of Subsurface Ground	Site specific ground response analysis (i)By means of dynamic response analysis (ii)By means of ground classification										
Calculation of response value of structure	(A)Analysis to confirm break-down pattern of structure (B)Analysis to calculate response value with respect to design earthquake motion										
Check of required performance	Confirmation of structural damage mode and performance check										

# Earthquake-Resistance of Existing Line

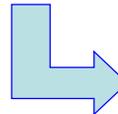
## Reinforcement works of Existing Structures

Before



Number of reinforced pillars : about 70,000 among all the Shinkansen lines

After



Steel plate jacking

## Restoration in each mode (Railways)

### ○Anti-seismic reinforcement

Based on the experiences of past earthquakes, anti-seismic reinforcement to prevent shear failure of viaducts had been completed. It prevented the viaducts from suffering critical damage; the restoration work was completed in a short time.

The damage to viaducts in Great Hanshin-Awaji Earthquake (occurred on 17 June 1997)



No damage to reinforced viaducts in Great East Japan Earthquake (occurred on 11 March)

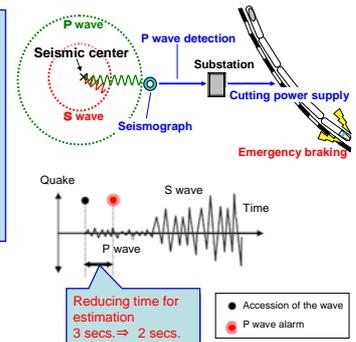


## Countermeasures based on the experience of the Mid Niigata Prefecture Earthquake (2004) (2)

### Reducing estimation time for Urgent Earthquake Detection

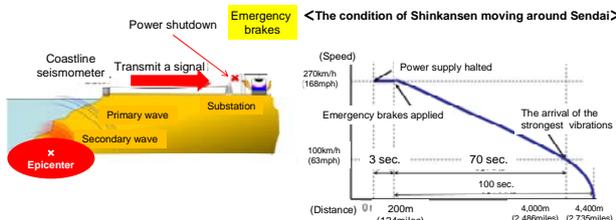
#### 【Earthquake Detection System】

1. Detect primary wave which is preliminary tremor
2. Predict earthquake scale
3. If a large-scale earthquake is predicted, trains will be automatically stopped by terminating power transmission before secondary wave - a major quake causing damage - arrives.
  - P wave: approx 7km/s
  - S wave: approx 4km/s



## Restoration in each mode (Railways)

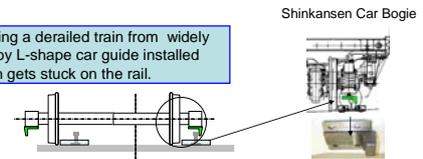
- Before the arrival of the strongest vibrations, the "Early Earthquake Detection System" had functioned successfully.
  - Immediately after the emergency brakes applied, Shinkansen trains that were running with passengers on board slowed down and stopped.
- No derailment



## Deviation/Derailment Preventive Measures

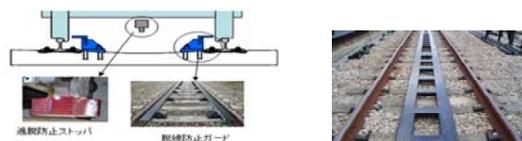
### L-shape car guide

Measure for preventing a derailed train from widely running out of truck by L-shape car guide installed with the bogie, which gets stuck on the rail.



### Deviation/Derailment Prevention Guard

Measure for preventing a train from derailling and widely running out by installing steel guard within a gauge.



**Completion Inspection of Construction to Railway Business Operators by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)**

©Railway Business Act (Article 10)

- (1) The Railway Business Operator shall complete the construction of Railway Facilities by the due date of construction designated by the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism at the time of the approval of execution of construction, and shall apply for an inspection by the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism pursuant to the provision of an ordinance of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.
- (2) When the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism finds, as a result of the inspection in the preceding paragraph, that the said Railway Facilities conform to the construction plan and the regulation prescribed by the ordinance of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism pursuant to Article 1 of the Railway Operation Act, he/she shall admit that the Railway Facilities have passed the inspection.
- (3) (Abbreviation)

**On-Site Inspection for Safety and Instruction to Railway Business Operators by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)**

©Railway Business Act (Article 56)

The Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism may have his/her officials enter into the offices or other workplaces of the Railway Business Operators or the Cableway Business Operators (including the Permitted Trustees) to inspect the status of business activities or financial conditions, or the facilities, books, documents and other items, or ask questions to the persons concerned to the extent that is necessary for the enforcement of this Act.

©Railway Business Act (Article 23)

The Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism may order the following matters to the Railway Business Operator, if he/she finds that there is a fact concerning the business activities of the Railway Business that is impairing safety of transportation, the convenience of users, or other public interests.

- Change of operation plans of trains
- Taking improvement measures concerning the implementation method of construction, the Railway Facilities or vehicles, or the operation of trains
- Taking measures to secure safety and smooth transportation of passengers or freight

**MLIT's On-Site Inspections**

From the viewpoint of ensuring the safety of railways, MLIT officials visit offices or other facilities of railway operators to inspect the status of business operation or railway facilities, rolling stocks, documents and others, or question their staffs.

**Focus of MLIT's on-site inspection**

1. Individual railway operator's steps for securing safety of transportation
2. Observance of the regulations on railway facilities, rolling stocks and operation
3. Proper construction of civil structures
4. Counter measures taken for past accidents and disasters, and preventive measures for possible accidents and disasters
5. Repair records and plans for railway facilities and rolling stocks
6. Staffing for railway safety
7. Training and qualifications for railway safety staffs
8. An action taken based on a result of the previous government inspections

**MLIT's On-Site Inspections**

**MLIT's on-site inspection teams**

MLIT's on-site inspection teams generally consist of

- Chief inspector : 1
- Inspector : 4 (Experts in civil engineering, electrical engineering, rolling stock and railway operation)



**Organization for MLIT's on-site inspections**

Staffs at MLIT and its nine District Transport Bureaus



**The number of MLIT's on-site inspections**

FY	2006	2007	2008	2009	2010	2011
The number of on-site inspections	63	72	75	65	67	62

\* The number of railway operators is 200 in Japan with the length of its railway network being 27,00km.

**Organization and Staff for Railway Safety Management in the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)**



**Thank you very much for your attention !**





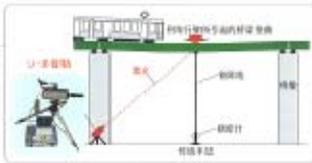


## 成本的降低

在不影响可靠性的前提下,减少建造运营的成本,车辆的制造成本以及折旧成本是铁路经营的一个重要课题。我们开展了以降低铁路运营成本为目标的课题研究,例如:通过全面认识上管线的寿命,开发合理的设计施工新工艺,实施使用寿命的修复、升级,研究新方法等。

### 用于构造物新造修的“非接触式”监测系统

针对新造修的铁路构造物,非接触式监测系统采用非接触式测量原理,通过激光测距技术,对构造物的几何尺寸、位置、形状等进行非接触式测量,其测量精度高,且不受环境因素影响。



▲非接触式监测系统

### 惯性正矢法的轨道检测装置

惯性正矢法是一种利用惯性原理,对轨道几何状态进行检测的方法。通过惯性传感器,可以实时检测轨道的几何状态,并生成检测报告。



▲惯性正矢法轨道检测装置

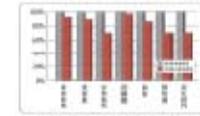


▲惯性正矢法轨道检测装置



### 车辆三角带换装装置

自主研发了车辆三角带换装装置,该装置采用机械传动原理,可以实现三角带的快速换装,提高了换装效率。



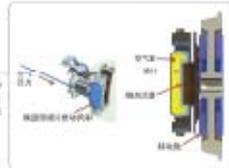
▲与传统换装方式相比,换装效率提升的对比



▲车辆三角带换装装置

### 高速列车制动盘用气动风压式夹钳

自主研发了高速列车制动盘用气动风压式夹钳,该装置采用气动原理,可以实现制动力的快速调节,提高了制动效率。



▲气动风压式夹钳

### 使用传感器+通用设备的设备状态监测系统



我们开发了一种基于传感器的设备状态监测系统,该系统采用通用设备,可以实现对设备状态的实时监测,提高了设备的可靠性和使用寿命。

▲设备状态监测系统



## 便利性的提高

通过提高便利性,提升运营与使用效率是我们追求的目标。我们通过开展设备维护、升级、改造等工作,提高了设备的可靠性和使用寿命,从而提高了运营效率。

### 使用传感器+通用设备的设备状态监测系统

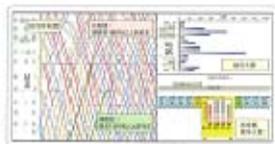
我们开发了一种基于传感器的设备状态监测系统,该系统采用通用设备,可以实现对设备状态的实时监测,提高了设备的可靠性和使用寿命。



▲设备状态监测系统



▲设备状态监测系统



▲设备状态监测系统

### 列车运行控制系统的升级

我们开展了列车运行控制系统的升级工作,通过引入先进的控制算法,提高了列车的运行效率和安全性。

### 利用多孔材料降低噪音

我们开发了利用多孔材料降低噪音的技术,通过多孔材料的吸声特性,可以有效降低列车运行时的噪音水平。



▲多孔材料降低噪音

### 隧道内气流控制技术

我们开发了隧道内气流控制技术,通过优化隧道内的气流分布,可以有效降低列车运行时的能耗和噪音。



▲隧道内气流控制技术

### 高速列车制动盘用气动风压式夹钳

我们开发了高速列车制动盘用气动风压式夹钳,该装置采用气动原理,可以实现制动力的快速调节,提高了制动效率。



▲气动风压式夹钳





## 研究成果等的信息发布

为了普及和提高先进技术，定期出版铁道综合技术研究报告、R&D、Q&A等，并举办铁道综合技术研究报告发布会、月报发布会、铁道技术论坛等。

### 研讨会等

为了广泛宣传铁道综合技术研究报告的科研成果，每年举办一次专题研讨会。  
为了及时了解铁道综合技术研究报告在业界传播和普及的情况，每月举办一次月报发布会。  
为了广泛宣传和普及铁道综合技术研究报告的科研成果，举办了普及铁路的基础知识科普报告会。在相关研究单位的宣传普及不断推进。



▲铁道技术论坛



▲月报发布会



▲专题研讨会

### 出版物

编辑出版技术研究报告综合卷和编年卷的铁道综合技术研究报告(工人杂志)成为其发行的机关杂志。  
铁道(Railway Research & Development)是铁道综合技术研究报告的机关杂志。包括各种技术杂志、铁道技术杂志等共10种。此外还有铁道综合技术研究报告研究开发成果的文集杂志《R&D》。  
技术杂志方面除了设计各种铁路器材的参考资料、规格、设计标准、设计标准、材料、设计标准、设计标准以及数据型设计等。



▲铁道综合技术研究报告

### 铁道综合技术研究报告

铁道综合技术研究报告研究开发成果文集等。铁道综合技术研究报告、铁道综合技术研究报告等均可免费下载。

## 坚持不懈的各种努力

### 法律遵守和制度

为了保持和促进社会的稳定和企业的健康发展，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。

### 道德遵守和制度

我们在经营活动中遵守法律法规，严格遵守以下规章制度。

- (1) 遵守法律法规和规章制度，严格遵守法律法规和规章制度。
- (2) 遵守法律法规和规章制度，严格遵守法律法规和规章制度。
- (3) 遵守法律法规和规章制度，严格遵守法律法规和规章制度。
- (4) 遵守法律法规和规章制度，严格遵守法律法规和规章制度。
- (5) 遵守法律法规和规章制度，严格遵守法律法规和规章制度。

### 环境美化对策

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲绿色环境美化对策(太阳能发电)

### 培养下一代的素质对策

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲下一代素质对策(人才培养)

## 实验设备

### 车辆试验装置

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲车辆试验装置

### 测试试验机

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲测试试验机

### 大型振动试验装置

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲大型振动试验装置

### 模拟车站的设施

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲模拟车站的设施

### 大型降雨实验装置

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲大型降雨实验装置

### 室内环境模拟装置

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲室内环境模拟装置

### 雷电试验装置

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲雷电试验装置

### 大型噪音装置

铁道综合技术研究报告(工人杂志)等，我们始终以遵守法律法规和规章制度为中心，作为经营活动的准则。我们制定了以下规章制度并严格执行。



▲大型噪音装置

# ロングレール (安全で快適な鉄道を建設するために)



独立行政法人  
鐵道建設・運輸施設整備支援機構（JRTT）  
鐵道建設本部 設備部 軌道課



## 1・ロングレールの概要

あくまで

### レールの継目

レールの継目は、車輪による衝撃・振動が大きい

レール端部の磨耗

継目板ボルトの弛み



道床バラストの弛み

継目落ち

軌道保守・乗心地・運転保安等の面から見て最大の弱点

### ロングレールの利点

・弱点である継目を溶接してロングレール化



軌道破壊・軌道保守・騒音振動の軽減など数多くの利点

→新幹線鉄道実施基準第2章 第5節 第23条（抜粋）



(ロングレール)

第23条 本線は、ロングレールとすることを原則とする。ただし、地形上、配線上等でやむを得ない場合は、これによらないことができる。

### ロングレール（200m以上のレール）

レールの継目は

- ①高速走行で強い衝撃を受けレール破損、軌道変位を生じる
- ②乗り心地が悪くなったり、走行安全性に問題
- ③軌道変位を直す保守が大変

#### ○主な路線の最長ロングレール

東北新幹線（盛岡・八戸間）	約60km
津軽海峡線（青函トンネル）	約53km
長野新幹線（高崎～軽井沢間）	約40km
九州新幹線（新八代・西鹿児島間）	約37km
つくばエクスプレス	約19km

ロングレールは25mレールをガス圧接など溶接し繋げている。  
東北新幹線 60km=25mを2,400本繋げたレール





**伸縮継目 (EJ) を設置してはならない箇所**

○本線はロングレールとする。  
ロングレールの両端には伸縮継目を設置すること。

(原則) 1. 緩急線区間は不可  
2. 緩和曲線区間は不可  
3. 半径1,000m未満の円曲線区間は不可  
4. 橋まくらぎ橋りょう及び橋げた直結橋りょう上の桁端から5m以内の区間は不可

○伸縮継目の位置は構造物の計画で決まる

①概略設計で桁のスパン割りを予想できたら、ロングレール計算し、伸縮継目の位置を想定  
②桁の構造が確定したらロングレール計算の設計を行う。  
③桁のスパン割り、M・Fシューの変更が生じたら計算チェック

2・ロングレールの軸力・抵抗力・温度

ロングレールのレール軸力 (1)

両端が拘束されていないレールは、温度変化により一定の率で縦方向 (線路方向) に自由伸縮する。

レール

可動区間 不動区間 可動区間

ロングレールは伸縮装置や軌道スラブの縦抵抗力により、レールの温度変化による自由伸縮が妨げられて、ある程度伸縮する両端部の可動区間と中央部のまったく伸縮しない不動区間とに分けることができる。

ロングレールのレール軸力 (2)

不動区間は、レールの両端部が固定されている状態と同じであり、温度変化の影響を受けても伸縮できず、伸縮しようとする応力が貯えられる。

応力 = レール軸力 (圧縮・引張)

温度上昇時 ↑ レール軸力 (圧縮)  $P_t = +E A \beta \Delta t$

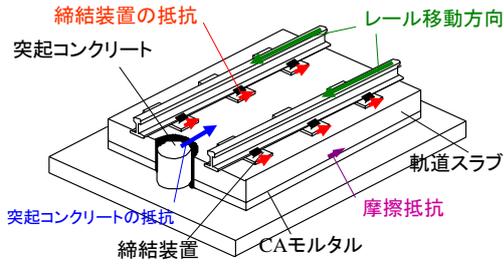
温度下降時 ↓ レール軸力 (引張)  $P_t = -E A \beta \Delta t$

拘束 (固定) → ← 拘束 (固定)

レール

### ロングレールへの抵抗力

レールが温度変化により移動しようとした時に、レールを固定しているレール締結装置などにより、抵抗力が働く。



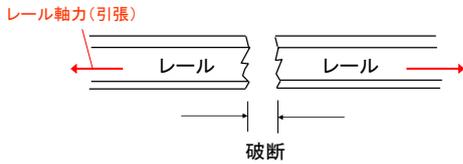
### レールの座屈

バラスト軌道では、レール温度が上がると、レール内に貯まったレール軸力（圧縮）が非常に大きくなり、レール軸力（圧縮）とまくらぎなどの抵抗力とのバランスが崩れて、軌道が横方向に張り出す。



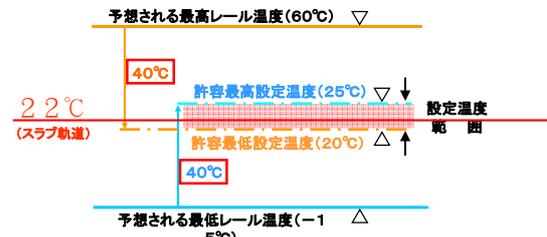
### レールの破断

レール温度がさがると、レール内に貯まったレール軸力（引張）が非常に大きくなり、レールが破断する。



### ロングレールの設定温度

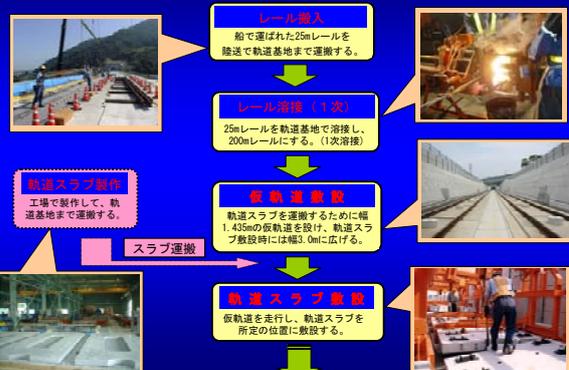
設定温度は、ロングレールを敷設するときに、高温時の座屈と低温時のレール破断の両方について安全性が確保される温度で設定しなければならないため、設定温度範囲が制限される。

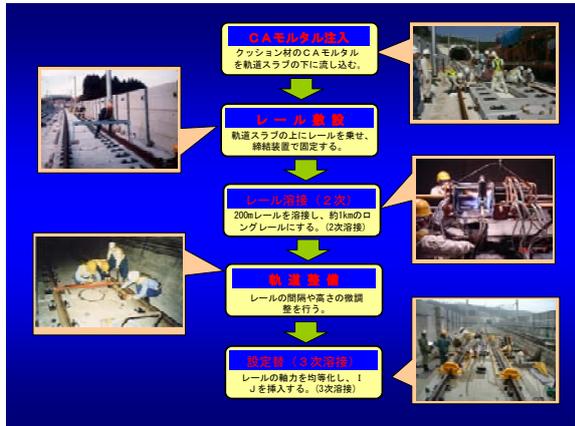


40℃は、レール溶接部の疲労強度・列車荷重などの応力から、温度変化に対し許せる応力を導き、温度変化に換算した値となっている。

### 3・スラブ軌道の施工の流れ

#### 施工の流れ





# 3・レール溶接

**ガス圧接**

加圧力180kN、圧縮量 約24mm  
約6~7min/1口 (圧接時間のみ)

レール端面を所定の精度に研削し、適正な加圧力で付き合わせ、ガスバーナーで突合せ部を約1200℃まで加熱し、所定の圧縮量を得て接合する方法。  
▶ 一次溶接・二次溶接などに一般的に使用される方法

**フラッシュバット溶接**

圧接法の一つで、突合せ部に大電流を通電することにより、火花(フラッシュ)を強制的に発生させて部材を加熱し、端面が溶融した時点で強圧を加えて接合する方法。  
▶ 工場溶接で使用されていることが多い。

**エンクローズアーク溶接**

レール端面標準間隔(17mm±3mm)  
800N/mm<sup>2</sup> 高引張力専用低水素系溶接棒 使用  
約60min/1口

東海道新幹線建設時に開発された、被覆アーク溶接棒による手溶接による方法。半自動溶接方法もある。  
▶ 加圧・圧縮することがないので、三次溶接には欠かせない。

**テルミット溶接**

酸化鉄のアルミニウムによる還元反応によって得られる、溶けた鉄をつなぎたいレール間に設置した鑄型に流し込む方法。  
使用する機器が軽く、溶接時間が比較的短い。  
▶ 列車間合いの現場で使用されることが多い。

## 4・ロングレール設定替

### ロングレール設定替の施工

#### (1)加熱器による施工

レール過熱器で設定温度に暖め、レールの伸びを確認して施工

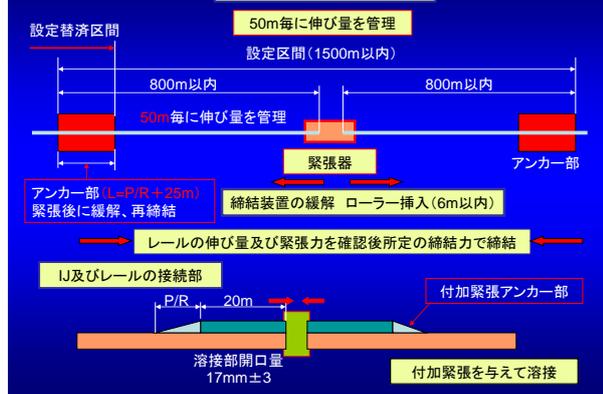
#### (2)緊張器による施工

設定温度に等しいレールの伸びを緊張力によってレールに伸びを与えて施工

#### (3)常温による施工

レール温度が設定温度にあることを確認して施工

### 緊張器による施工



### ボルト緊解



### ローラー挿入



### 緊張器セット・緊張



### ポンプ



### 軸力解放(掛矢)



### 伸び量確認



### I J 挿入準備



### レール切断



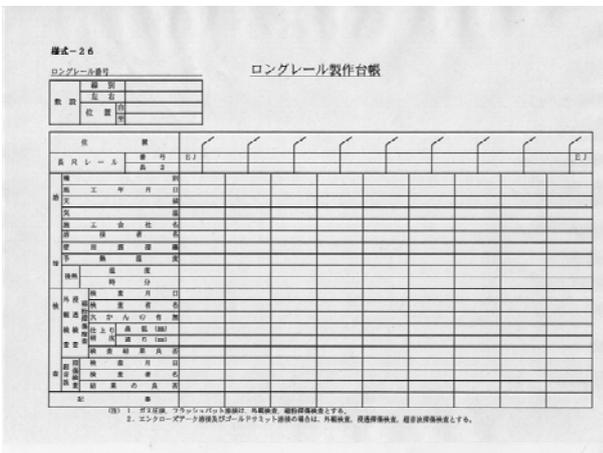
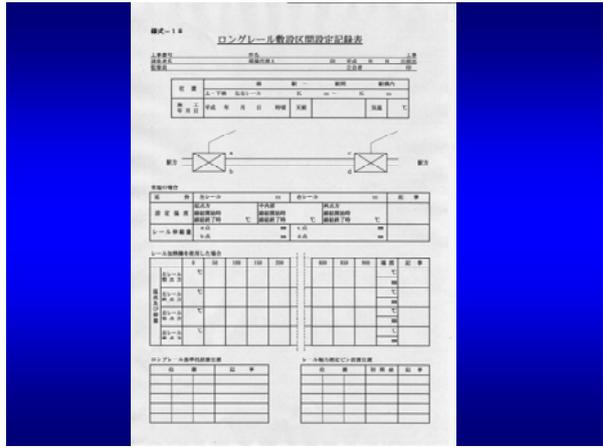
### 二次溶接(エンブローブ)



溶接後、緊張器を撤去し、付加緊張アンカー部の緩解、再締結を行い軸力の均一化を図る



ロングレール基準杭



## 分岐器設置の留意事項 (安全で快適な鉄道为建设するために)



独立行政法人  
鉄道建設・運輸施設整備支援機構 (JRTT)  
鉄道建設本部 設備部 軌道課

### 分岐器を設置してはならない箇所

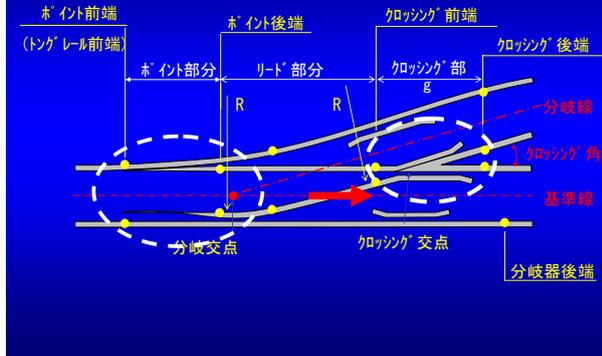
○路盤支持力のある有道床区間に設置。(桁には設置しない)

- 緩急曲線・緩急線には設置しない(同一平面にならない)
  - 平面性の狂い
  - 曲げの発生
  - 不転換並びにトングレール・クロッシングの食い違いの発生等
- 無道床積込区間に於ては設置しないこと。  
スラブ軌道、直結軌道の橋梁区間  
走行時・・・10m弦で3mm、(40m弦で7mm JR東日本)の変位内  
橋梁継ぎ目部には、ポイント部・クロッシング部の設置は不可
- 路盤支持力の異なる区間には設置しない。支持力の低い側に敷設しない  
橋台裏、トンネル出入口付近等・・・特別な場合で路盤強化すれば可能
- 1000分の3以上の勾配区間では設置しない。(特別な処置20/1000)
- 内曲線の外方分岐はカント40mm以上は不可
- 分岐器と分岐器、分岐器と伸縮継ぎ目の間は、15m以上離すこと

### 分岐器の構成

番数	ポイント部	リード部	クロッシング部	計(m)
1 2 号	13.675	19.312	9.168	42.155
1 6 号	16.375	26.718	10.267	53.360
1 8 号	18.025	31.094	11.12	60.239

ノーズ可動クロッシング



国内最速の高速分岐器

160km/hの高速で分岐側を走行できる分岐器(38番分岐器)を北陸新幹線で開発し、上越新幹線との分岐箇所を設置しました。この開発により、上越新幹線の線路を3.4km共用することができ、建設費の大幅な縮減を図っています。  
成田新高速鉄道線の成田湯川駅終点方にも採用しています。





### フロアガイド

3F 研修棟  
2F 研修棟  
1F 研修棟

## 実践的かつ効

Cultivating

#### 基本研修設備

研修効果を高める講義支援体制

Learning support system that improves the effect of training.

#### 各種訓練設備

より実践的な知識と技能の習得を目指して

With a view to acquiring practical knowledge and skill.

#### 講義支援装置

#### 新設総合演習装置

#### 訓練場

#### 総合演習

JR Central General Education Center

## 効果的な研修で、安全・安定輸送を担う人材を育成します。

Cultivating the professionals responsible for safe and reliable transport through realistic and effective training.

研修棟において配られた各教室には、研修に合わせた家具、照明、空調設備を整え、研修支援設備も充実しています。

#### 研修生活

充実した研修生活をしっかりサポート

Providing all kinds of facilities for trainee education.

快適な設備で研修をサポートし、気持ちよく取り組んでいただくことができます。

研修棟の専用設備で培われる様々なスキルを授業で学ぶ実践演習設備により、製品感ある人材育成を実現します。

#### 環境への配慮

自然負荷の軽減、省エネルギー向上、自然光を最大限に活用可能な、省エネルギー、省資源、省コストを実現しています。