

2005兩岸鐵道工程技術與營運管理學術研討會

# 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

藍苑綾、李英豪


中華民國九十四年十二月十九日至二十一日



## 緒論-研究背景與動機

- 軌道運輸的優點
  - 載運量大、安全、準時、運費低廉
- 軌道運輸未來發展
  - 2008國家重點發展計畫
    - 全島運輸骨幹整建計畫-總經費1.25兆元
    - 軌道建設費用佔70%以上
  - 台鐵、高鐵、捷運系統
- 軌道安全與養護維修關係
  - 軌道結構損壞須靠養護維修工作確保行車安全

-1- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用



## 緒論-研究目的與範圍

- 軌道管理系統
  - 軌道現況調查損壞
  - 依據損壞情形評估軌道服務能力
  - 給予評分值
  - 擬定養護維修策略
- 綜合性指標
  - 軌道品質指標(TQI)
    - 軌道幾何不整發生次數
  - 軌道結構狀況指標(TSCI)
    - 軌道破壞型態、程度、數量或範圍

-2- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用



## 緒論-研究方法與步驟

- 軌道管理
  - 安全管理、個案階層管理、路網階層管理
- 國內台鐵組織架構與軌道養護管理制度
- 國外評估軌道狀況指標
- 建構軌道養護管理系統雛型程式(TMMS)
  - 綜合性指標評分
  - 路網資料庫-「動態分段」、「均質路段」
- 範例驗證、未來應用
- 結論

-3- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

### 文獻回顧-軌道檢查等級與頻率

層級類別 項目	安管	全路網	階層管理	個案階層管理
檢查頻率	最高	次之 (一年一次)		最低
檢查項目 詳細程度	項目較少 不需太細	項目較多 較詳細		項目最多 最詳細

-4- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

### 文獻回顧-軌道檢查方法

- 自動檢查
  - 軌道檢查車-軌距、水平、高低、方向、平面性等幾何不整
  - 鋼軌探傷儀-鋼軌內部損傷
- 目視調查
  - 利用步行或乘坐低速車輛
  - 需由具經驗的調查人員擔任
  - 主要為構件損壞及道碴狀況調查
- 自動檢查與目視調查相互配合

-5- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

### 文獻回顧-台鐵軌道養護作業

- 動態路線檢查
  - EM80軌道檢查車: 工務處每年四次
  - 列車動搖測定器: 工務段每月一次
- 靜態路線檢查
  - 轄區人工調查: 工務段每年二次
  - 道班人員徒步巡查: 工務段每週二日

-6- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

### 文獻回顧-自動軌道檢測資料類型(1)

- 軌道不整形式 [黃民仁, 1993]
  - 軌距不整
    - 標準軌距
    - 軌距不整(+值)
  - 水平不整
    - 直線段
      - 標準軌距
      - 左軌
      - 右軌
      - 水平
      - 水平不整
    - 曲線段
      - 標準軌距
      - 正規起高量
      - 水平
      - 水平不整

-7- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

## 文獻回顧-自動軌道檢測資料類型(2)

■ 高低不整

高低不整 (- 值)

■ 平面性不整

平面不整 =  $x - y$

■ 方向不整

方向不整 (+ 值)

-8- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

## 文獻回顧-台鐵軌道幾何不整容許標準

標準值 類別	平時養護標準值			緊急整修標準值			大修或更新後 之標準值	
	甲級線 特 甲	乙級線	側 線	甲級線 特 甲	乙級線	側 線	各 等 級 路 線 相 同	
容許 標準值							混 凝 土 道 床 路 段	
不 整 之 種 別							區 段	
軌 距	+10 (+7) -5 (-4)			直線及半徑R600公尺以上 20 (14) , R200公尺-R600 公尺25 (19) , R200公尺 未滿之曲線20 (14)			(+1) (-3)	(0) (-3)
水 平	11 (7)	12 (8)	13 (9)	依平面性之整修值為基準			(4)	(2)
高 低	13 (7)	14 (8)	16 (9)	23 (15)	25 (17)	27 (19)	(4)	(2)
方 向	13 (7)	14 (8)	16 (9)	23 (15)	25 (17)	27 (19)	(4)	(2)
平 面 性	-			23 (18) 包括超高遞減量			(4) 不包括超高遞減量	

單位：mm 資料來源：交通部，1998

-9- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

## 文獻回顧-個案分析與討論(1)

- 以宜蘭線為例，將列車動搖測定器置於自強號車廂內，時速約80km，連續檢測25個月，每3秒測定一次，記錄高低及方向動搖加速度值，標示超出容許值之損壞點里程並進行養護維修作業
- 分析其維修頻率，路段長50m三個月內維修一次以上的路段
  1. 高低不良：
    - 東正線-20個路段，佔全體路段之51%
    - 西正線-23個路段，佔全體路段之58%
  2. 方向不良：
    - 東正線-5個路段，佔全體路段之31%
    - 西正線-6個路段，佔全體路段之40%

-10- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

## 文獻回顧-個案分析與討論(2)

- 維修頻率過高的原因：
  - 路段本身條件不良
  - 養護維修作業僅解決表面問題
  - 養護維修項目、範圍認定差距
- 改善建議：
  - 利用量化指標評估軌道現況
  - 建立標準化軌道調查程序
  - 以「動態分段」劃分「均質路段」，做為軌道管理的基本單元

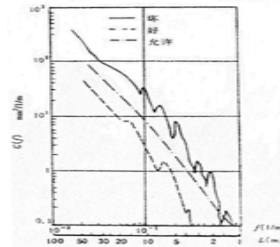
-11- 綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

## 軌道管理指標介紹-TQI(1)

### ■ 軌道品質指標(Track Quality Index, TQI)

- 適用高運量、高速度軌道系統
- 以軌道檢查車檢測，軌道不整波形由隨機及固定部份組成
- 一、隨機部份
  - 與列車種類、載重、速度有關
  - 以功率譜密度值(Power Spectral Density, PSD)描述
  - PSD為區段內某頻率f區間內軌道不整量平方值之平均數G(f)
  - 同一波長之PSD值越低，軌道越平順

高低不整PSD與頻率(波長)關係



資料來源：王其昌，2001

綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

-12-

## 軌道管理指標介紹-TQI(2)

### ■ 二、固定部份

- 與鋼軌接頭、道岔、平交道等有關
- 以軌道單位長度內幾何不整超過門檻值的損壞次數簡易計算[Fazio and Corbin, 1986]
- 安全管理應用：針對軌道不整超過門檻值發生位置，進行養護維修作業
- 路網階層管理應用：依據歷次檢測的改變量推估軌道損壞速率
- 軌道不整波形之隨機部份需考慮軌道結構與列車動力互制行為，因此應用上可採其固定部份之損壞次數做為TQI值

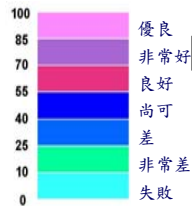
-13-

綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

## 軌道管理指標介紹-TSCI(1)

### ■ 軌道結構狀況指標(Track Structure Condition Index, TSCI)

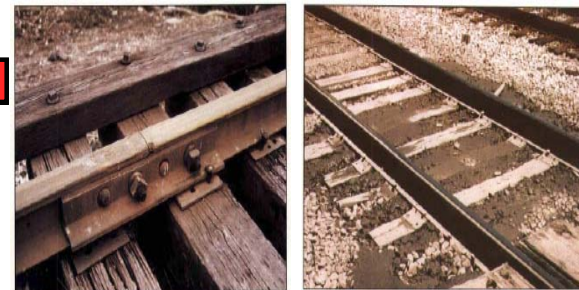
- 利用目視調查確認軌道損壞型態、程度及範圍
- 將損壞型態依材料性質分為三大類：
  - 鋼軌接頭狀況指標(RJCI): R1~R6
  - 軌枕狀況指標(TCI): T1~T8
  - 道碴路基狀況指標(BSCI): B1~B11
- RJCI、TCI、BSCI由低至高排列後計算TSCI
- TSCI評分由0至100，區分為七等級
- 目視調查較為耗時，因此採抽樣調查方式，由樣本路段代表整體路段



-14-

綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

## 軌道管理指標介紹-TSCI(2)



損壞型態：R1(鋼軌頭部碎片)，嚴重程度：L

損壞型態：B6(噴泥)，嚴重程度：M

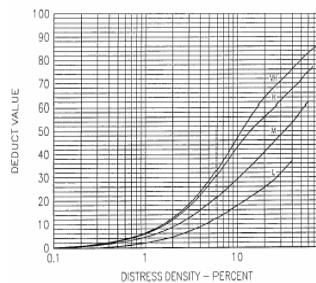
-15-

綜合性指標在軌道養護管理系統之應用

### 軌道管理指標介紹-TSCI(3)

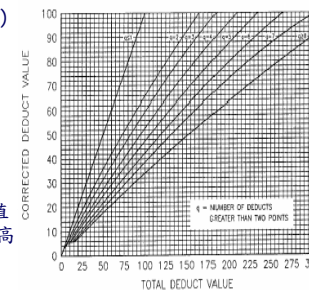
#### TSCI計算程序

- 劃分軌道路段
  - 依交通量、軌道結構、軌道用途分段
- 將損壞密度以%表示，由扣分曲線查出扣分值(DV)
- 由大到小排列各扣分值
- 以公式決定扣分值個數
  - $m = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV) \leq 10$
  - m為扣分值個數，HDV為大於2之最高扣分值



### 軌道管理指標介紹-TSCI(4)

- 將各扣分值相加得總扣分值(TDV)
- 以大於2的扣分值個數決定q
- 由總扣分值TDV及q查圖得修正扣分值(CDV)
- 將大於2的最小個別扣分值以2代替，重覆上述步驟，直到q=1
- $RJCI = TCI = BSCI = 100 - CDV_{max}$
- 由低至高排列RJCI、TCI、BSCI值最低者為CI<sub>low</sub>，其次為CI<sub>mid</sub>，最高者為CI<sub>high</sub>
- $TSCI = 0.5 * CI_{low} + 0.35 * CI_{mid} + 0.15 * CI_{high}$
- 由TSCI值決定路段評分等級



### 軌道管理指標介紹-綜合比較

指標 項目	TQI	TSCI
檢查方式	儀器自動檢查	人工目視調查
檢查型態	軌道幾何不整	軌道結構狀態
檢查類別	全面普查	抽樣調查
評分機制	以超過門檻值之不整次數計算	以0~100分計分
檢查費用	高	低
適用系統	高速度、高運量	低速度、低運量

### 軌道管理資料庫雛型程式(1)

- 路網階層之軌道管理
  - 需資料較精簡、具代表性
- 以均質路段做為軌道管理的最小單元
- 資料登錄：以原始資料登錄方式記錄於各獨立表單
- 動態分段：透過關連式資料庫及程式連結彙整，將軌道劃分成不同均質路段
- 分段之依據
  - 基本資料
    - 路線：主正線、副正線
    - 鋼軌型式：長焊鋼軌、重軌、輕軌
  - 區段：隧道、橋樑、路基
  - 完工時間：軌道完工時間
- 幾何條件
  - 線形：道岔、曲線段、直線段
  - 坡度：G>=20‰、G>=10‰、G<10‰
- 養護維修資料亦可改變路段屬性，因缺相關資料，目前暫不考慮
- 建立軌道養護管理系統資料庫雛型程式(TMMS)
  - TSCI計算及動態分段資料庫



## 軌道管理資料庫雛型程式(6)

TMMS雛型程式動態分段彙整表

分段編號	正線別	起點	迄點	路線種類	鋼軌型式
1	1	1.0	1.0	100%	100%
2	1	1.5	1.5	100%	100%
3	1	2.0	2.0	100%	100%
4	1	2.5	2.5	100%	100%
5	1	3.0	3.0	100%	100%
6	1	3.5	3.5	100%	100%
7	1	4.0	4.0	100%	100%
8	1	4.5	4.5	100%	100%
9	1	5.0	5.0	100%	100%
10	1	5.5	5.5	100%	100%
11	1	6.0	6.0	100%	100%
12	1	6.5	6.5	100%	100%
13	1	7.0	7.0	100%	100%
14	1	7.5	7.5	100%	100%
15	1	8.0	8.0	100%	100%
16	1	8.5	8.5	100%	100%
17	1	9.0	9.0	100%	100%
18	1	9.5	9.5	100%	100%
19	1	10.0	10.0	100%	100%
20	1	10.5	10.5	100%	100%
21	1	11.0	11.0	100%	100%
22	1	11.5	11.5	100%	100%
23	1	12.0	12.0	100%	100%
24	1	12.5	12.5	100%	100%

## 雛型程式之驗證(1)

- 以RAILER程式中軌道編號1102資料為例
  - 軌道長度493 ft，鋼軌平均長度33 ft，軌枕間距22.5 in
- RAILER計算結果
  - RJCI=68，TCI=78，BSCI=17，TSCI=44

RAILER Program Interface Data:

Segment ID:	1102
Begin Station:	110.0
End Station:	115.0
Length:	493 ft
Category:	Track
Code Type:	Standard
Year Built:	1962
Segment Condition:	RJCI: 68, TCI: 78, BSCI: 17, TSCI: 44, Amp Sd: 5 MPH

## 雛型程式之驗證(2)

- 雛型程式計算結果 = RAILER計算結果

TMMS Prototype Program Calculation Results:

Track No:	1102
Track Length:	1500 ft
RJCI:	68
TCI:	78
BSCI:	17
TSCI:	44

## 雛型程式之驗證(3)

- 試算表手算結果
  - TSCI = 0.5 \* 17 + 0.35 \* 68 + 0.15 \* 78 = 44
- TMMS雛型程式與手算結果均和RAILER範例相同

		和分數		TDV	q	CDV		
RJCI	31	0.5	0.5		32	1	32	
RJCI = 100 - CDV <sub>max</sub> = 100 - 32 = 68								
		和分數		TDV	q	CDV		
TCI	14	9	6.5	6	3.5	39	5	21
	14	9	6.5	6	2	37.5	4	22
	14	9	6.5	2	2	33.5	3	22
	14	9	2	2	2	29	2	22
14	2	2	2	2	22	1	22	
TCI = 100 - CDV <sub>max</sub> = 100 - 22 = 78								
		和分數		TDV	q	CDV		
BSCI	41	46	30	29	11.6	177.6	5	79
	41	46	30	29	2	168	4	83
	41	46	30	2	2	141	3	80
	41	46	2	2	2	113	2	72
	41	2	2	2	2	69	1	69
BSCI = 100 - CDV <sub>max</sub> = 100 - 83 = 17								





## 討論與未來應用

- 利用「動態分段」劃分「均質路段」，能迅速調整均質路段的起、迄點，提昇資料的管理效率
- 可依路網或個案階層管理需求計算路段TSCI值，做為日後排定養護維修優先順序
- 由歷年TSCI調查資料可推估軌道損壞速率，預測未來軌道狀況，並可檢討養護維修計畫之成效
- 因TSCI適用低運量及低速度軌道系統，部份損壞型態之扣分值應酌以調整，避免低估評分值，方能符合國內軌道管理需求
- 日後可結合GIS地理資訊系統，將軌道資料予以圖形化，或併入養護維修預算編製及工作項目之擬定，使軌道管理系統功能更加完善
- TQI指標可採單位長度內超過門檻值之幾何不整次數，做為管控安全之標準

-28-

綜合性指標在軌道養護管理系統之應用




## 結論

- 探討國內現行軌道養護管理作業之優缺點
- 介紹國外評估軌道狀況指標
- 建構軌道養護管理系統雛型程式(TMMS)
  - 考量路網階層管理之需求
  - 以目視方式調查軌道損壞情形，藉以評估軌道現況
  - 採原始資料登錄方式記錄，以便操作及更新維護
  - 採「抽樣調查」、「動態分段」、「均質路段」觀念建構資料庫
  - 計算 TSCI 評分值
- 均質路段能彈性調整路段屬性起、迄點，確保資料正確性及一致性，適合做為養護維修之基本單元
- TMMS雛型程式可自動劃分均質路段、供計算路段TSCI評分值，且經驗證TMMS雛型程式評分之正確性，與RAILER相同

-29-

綜合性指標在軌道養護管理系統之應用



## 簡報完畢

## 敬請指教

-30-

綜合性指標在軌道養護管理系統之應用