

2014中華民國營建工程學會第十二屆營建產業 永續發展研討會

GIS運用於鐵路養護工作之研究

劉立士(Li-Shih Liu)
中華大學營建管理學系

石晉方(Jin-Fang Shi)
中華大學營建管理學系

摘要

本研究針對台鐵養護工作進行研究，希望藉由 GIS 的分析，改「損壞後維修」之模式為「預防性維修」，讓檢查後資料成為養護工作之依據，使得發生在軌道上的事故為零。

因此，本研究建構『鐵路養護資料庫』，儲存各項軌道設施及養護作業資料，並加入 GIS，建立關聯性，以作為分析、統計之資訊，進而作為養護規劃的參考。主要研究結果如下：

1. 養護資料雲端儲存，提升養護管理規劃能力。
2. 簡化養護文書作業、豐富資料庫案例，養護負責人之決策更有依據。
3. 客觀數據可供管理者判斷，避免主觀經驗所造成的爭執。
4. 加入 GIS 的資訊，利於整體判斷分析，作更有效的養護施作。

關鍵字：路線養護、地理資訊系統(GIS)、軌道不整

Railway maintenance work of the GIS applied

Abstract

This study was carried out based on the Taiwan Railway maintenance work. It is hoped that with the use of Geographic Information System (GIS) analysis, the maintenance model can be changed from "post-damage repair" to "preventive maintenance". The system uses the repair data to form the basis of maintenance work. It is hoped that such a system will prevent any future railroad accident.

Therefore, this study will establish a "railway maintenance database" to store all maintenance data relating to railroad facilities and maintenance operations. With the addition of GIS, a system relating various data can be established. The system can then use the analytical and statistical information to provide guidance for maintenance planning.

The main findings are as follows:

1. Cloud storage of maintenance data, improved capability of maintenance management planning.
2. Simplification of maintenance paperwork and enriched case studies, which allow person in charge to make more informed decisions.
3. Objective data available to managers when making decisions, avoiding disputes caused by subjective experience.
4. The addition of GIS information, which benefited from the integrated decision analysis, will enable more effective maintenance operation.

Keywords : road maintenance, geographic information systems (GIS), railroad mis-alignment?

一、前言

臺灣鐵路管理局(以下均簡稱台鐵)在人事精簡下，目前養護作業是由各監工及領班以自身經驗安排各項工作，往往缺少完整的資料佐以參考，因此人員安排總是捉襟見肘。鐵路養護是一件複雜且縝密的工作，初期的料件評估與規劃，經過工電申請、設計規劃、施作，直到事後評估等，需要投入大量的物力與人力，整個環環相扣，稍有延誤則牽動後續作業，甚可能影響行車。有鑒於現在的養護工作，在進行評估後，各監工或領班皆有自己的不同選擇方式，如果能夠透過資料庫找出評估因子，制定工作之準則，特別是在初期，需要資料的蒐集與投入的概估，加以分析判斷後再做決策，以避免徒勞無功，因此因應整體養路的變化，台鐵應有一套完整的系統資料庫，才能使作業有效降低人為失誤的風險，以增加台鐵的競爭力。

故本研究以 GIS 使用於鐵路養護工作中，建構『鐵路養護資料庫』。將路線上所包含的場站、軌道、橋梁、隧道、號誌保安設備、標誌、電車線組等建立檔案。以利在養護工作前，分析同一地點養護工作之資料，了解大地的影響，進而做更適合的養護作業，減少一而再、再而三的養護。

二、GIS運用於鐵路養護研究內涵

鐵路路線定義：列車或車輛運轉所必需的通路，包括軌道（track）及承載軌道的路基(roadbed)與橋涵等構造物稱為路線。一般的軌道係由道碴、軌枕、鋼軌及扣件所組成，供列車及車輛通行的構造物[1]。

而廣義的路線還包括：電化設備及管線設備，並包含周邊的圍籬、排水溝、路堤及路塹、涵管…等等。因此本研究主要目的在於建立鐵路養護資料，由歷史資料與 GIS 系統結合，分析大地系統對軌道的影響，以最有利的養護作業，再追蹤各作業所持續的時間。因此，本研究要執行工作如下：

1. 建立養護資料庫，將養路資料雲端化，讓資料一體化。

2. 本研究結合 GIS，利用 IFC 存取交換格式進行資料處理，使用者均可由同一資料庫擷取。
3. 台鐵各單位可取得一致的資料，避免本位主義或推卸責任。
4. 可模擬路線高架化、地下化、改線、選線…等，以利各單位工作時之協調。

三、GIS運用於鐵路養護研究重點

GIS 運用於鐵路養護的內涵，包含鐵路養護分析、養路檢查管理、養護作業安全監控等系統管理項目；及軌道檢查、養護計畫、養護作業施作等系統執行項目；還有鐵路沿線設施、地理水利水文系統、軌道立體交叉建物等系統分析項目。而人員管理、工作分配等項目，雖與養護工作有關，但非本研究之研究重點範圍。

四、軌道檢查與計畫養路

為維護行車安全，台鐵工務處對行車路線的檢查有以下的方式：

1. 每週一次派員步行巡查路線。
2. 不定期乘車檢查。
3. 每年辦理 4 次 EM80 軌道檢查車施行全線甲種軌道檢查。
4. 每年 2 次由各工務段辦理的轄區乙種軌道檢查。
5. 各工務段每個月 1 次的振動檢查(列車動搖測定器)。

然而再好的軌道檢查設備以及再頻繁的檢查次數，如果沒有依據各種檢查結果，作有計畫的維修，則軌道檢查也就流於形式，而失去其檢查之目的。檢查結果與計畫養路原則如下：

1. 有立即影響行車安全者：如軌道幾何不整超過緊急整修標準值、軌道挫屈、鋼軌斷損、異物侵入軌道內有影響行車安全者等，應立即按規定程序通告車站或列車，並視路況在該區間採取慢行或封鎖路線停止列車運轉。俟完成臨時搶修措施後，解除封鎖暫以列車慢行通過該區間方式，先行恢復列車運轉，並於夜間辦理封鎖路線，做完整的路線整修作業，而於完成修護後恢復正常運轉。
2. 短期無行車安全顧慮者：如噴泥地點路基或軌道沉陷，軌道幾何不整(軌距、高低、水平、方向、平面性等)超過平時養護標準值，但未達緊急整修標準值者、鋼軌磨耗接近規定限度者等，均應列管追蹤並觀察其軌道不整變化情形，適時整修。
3. 定期整修作業：為實施定期整修作業，工務段應擬訂下列工作計畫：
 - A. 年度作業計畫：包括該年的施行政策、工作方針、重要軌道材料等分配計畫，有關養路方面之各項工程，以及各種調查與檢查等基本事項之概略作業計畫。

- B. 分月作業計畫：分月作業計畫則是依據年度作業計畫作更詳細的實施計畫。
- C. 分週實施計畫：分週實施計畫係以分月作業計畫為基礎，將一星期之工作，分配給各作業人員，且指定作業負責人，以及規劃材料、機具及養路機械之使用。除非有特殊狀況，否則需按原實施計畫進行作業。

上述工作計畫的良好與否，直接影響路線的保養至鉅，故必須計劃週密。擬訂工作計劃需考慮的基本條件如下：

- (1) 儘量作經濟有效而避免重複工作的計畫。
- (2) 儘量將該年的工作量均等分配。
- (3) 各項養護工作的特性。
- (4) 各項工作實施時程的順序。
- (5) 軌道材料的進庫時程，材料損耗程度及抽換周期。
- (6) 管轄路段的特殊狀況。
- (7) 作業人員之工作能力。
- (8) 養護週期。
- (9) 年度國定假日、天候、溫度等[2]。

五、地理資訊模型GIS

地理資訊系統 (Geographic Information System) 是一套處理地理資訊的電腦系統，可以有效的處理空間資料，可應用於資源管理、空間資訊處理和其他相關的領域[12]。

空間資料為點、線、面所組成，GIS 資料的來源有：數化的圖形資料、地籍資料、遙測影像資料、使用者一般資料、土地利用調查報表…等。將這些資料利用資料庫集中在一起，由資料庫的彙整及索引，更易於使用 GIS 的資料以進行地理資訊系統之各項分析應用[4]。

GIS 可被視為一套地圖資料管理系統，使用電腦管理數位化的資料，利用數位地圖儲存及表達地理資訊，電腦螢幕成為傳達地理資訊的媒介；資料庫的管理著重在資料的分析、存取，整合資料庫中豐富的地理資料就可傳達豐富的地理資訊。地理資訊系統是一套整合型的系統，以電腦為輔助基礎，進行空間資料的建立、存取、管理、分析及展示等，並可依特殊用途與其它資料相連結，而作更廣泛的應用[4]。

早期地理資訊系統都集中在處理地理空間資訊及其屬性資料，只有簡單的圖形能力，但隨著電腦功能的加強及資料庫管理、圖形功能、空間分析等技術的進步及成熟，使得地理資訊系統的功能更趨完善。因此，本研究利用 GIS 的資料，作為鐵路養護資料庫之分析。

六、鐵路養護系統功能分析

在養護實務上，養護工作的資料有：路線巡查資料(徒步查道、機車查道)、甲種檢查資料、乙種檢查資料、振動檢查資料。因此，本研究認為養護系統功能主要包含：系統功能模組、路線基本模組與養護作業模組。分述如下：

1. 系統功能模組包含：管理者資料維護、台鐵基本資料維護等，內容如下：
 - 管理者資料維護：主要建立各管理者的帳號、使用密碼及權限設定。
 - 台鐵基本資料維護：主要建立各立約商公司資料。
 - 物料基本資料維護：主要建立各倉庫料件資料。
2. 路線基本模組包含：路線基本資料、路線資料維護等，內容如下：
 - 路線基本資料維護：主要建立路線上各種設備資料。
 - 路線資料維護：主要建立路線管理資訊、養護時程管理。
3. 養護作業模組包含：軌道不整資料、軌道養護資料、養護查詢分析等，內容如下：
 - 軌道不整資料：主要建立各軌道不整資料。
 - 軌道養護資料：主要建立養護工作資料等。
 - 養護查詢分析：養護歷史資料查詢與統計。

七、資料庫架構分析

本研究整理出資料庫架構的雛形如下圖 1，再依據使用者需求修改資料庫架構。

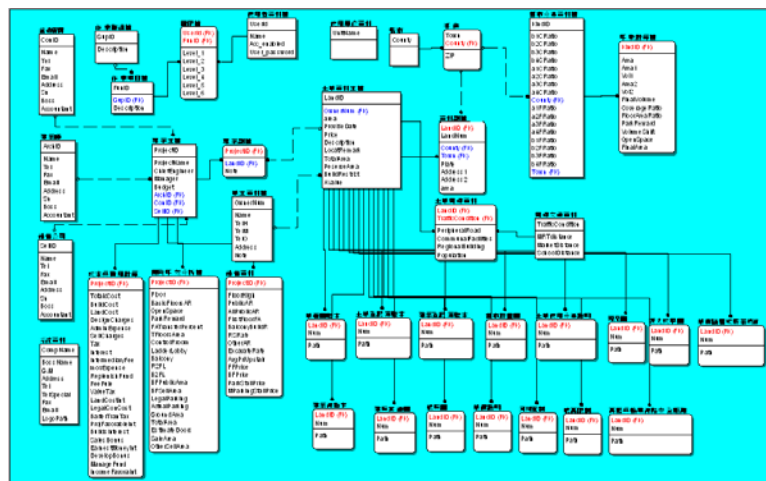


圖 1. 資料庫關聯圖

八、鐵路養護資料查詢系統案例資料建立與維護

以下圖 2. 至 10. 為本研究實作之畫面，如下：

圖 2.路線基本資料維護

圖 3.GIS 軌道資料

索引	分駐所	日期	車次	站間	東西線	里程	測定速度	不良原因	備註
5	苗栗	2006/5/1	1006	竹南-樹子	西	K121+200	85	水平不整	(H/L)
4	苗栗	2006/5/1	101	苗栗-樹子	東	K134+400	(H/L)	水平不整	(H/L)
3	苗栗	2006/5/1	101	苗栗-站內	東	K185+400	(H/L)	水平不整	(H/L)
2	苗栗	2006/5/1	101	三義-樹子	東	K167+200	85	高低不整	隨道開口
1	苗栗	2006/5/1	101	苗栗-樹子	東	K149+700	55	平面性不整	(H/L)
"/>

圖 4.徒步、機車查道輸入

索引	日期	線別	東西線	里程	不良情形	缺失原因	改善方式及時間	檢查方式
3	2006/5/20	台中線	東正線	K134+673	方向、高低不整	通岔群	6/15 軌道整齊	列車振動檢查
2	2006/5/20	台中線	西正線	K173+907	高低不整	通岔群	6/15 軌道整齊	列車振動檢查
1	2006/5/20	台中線	西正線	K164+125	方向、高低不整	軌道代碼	6/15 軌道整齊	列車振動檢查
"/>

圖 5.列車動搖檢查不良輸入

工務單位

檢查時間 檢查里程

檢查線別 檢查項目

東西線 檢查單位

新增 更新

搜尋

取消 查詢

圖別碼	檢查時間	檢查線別	東西線	檢查里程	檢查項目	檢查單位	是否完成	備註
3	2006/5/18	台中線	西正線	k110-k134	列車動態檢查	台中工務段	✓	0/0
2	2006/5/3	武豐線	東正線	k134-k180	道岔靜態檢查	台中工務段	✓	0/0
1	2006/5/2	台中線	東正線	k135-k200	列車動態檢查	台中工務段	✓	0/0

圖 6.養護檢查時程管理

工務單位

例行性養護工作 維修性養護工作

養護時間 養護項目

線別 養護方式

東西線 養護單位

里程

新增 更新

搜尋

取消 查詢

圖別碼	養護時間	線別	東西線	里程	養護項目	養護方式	養護單位	備註
3	2006/5/21	台中線	東正線	k122-k150	軌道	總軌	台中工務段	25/
1	2006/5/20	台中線	西正線	k158-k189	軌道	總軌	台中工務段	300

圖 7.養護工作時程管理

線別	東西線	里程	缺陷情形	缺失原因	處理情形	養護時間
台中線	西正線	k132	高低不齊	坡度群		2006/5/1
台中線	西正線	k255	方向不齊	坡度群		2006/5/5
台中線	東正線	k122	方向、高低不齊	軌道高低		2006/5/2
武豐線	西正線	k124	高低不齊	坡度群		2006/5/15
武豐線	東正線	k145	力矩不齊	軌道高低		2006/5/22

搜尋

取消 查詢

線別	東西線	里程	缺陷情形	缺失原因	處理情形	養護時間
台中線	西正線	k132	高低不齊	坡度群		2006/5/1
台中線	西正線	k255	方向不齊	坡度群		2006/5/5
台中線	東正線	k122	方向、高低不齊	軌道高低		2006/5/2
武豐線	西正線	k124	高低不齊	坡度群		2006/5/15
武豐線	東正線	k145	力矩不齊	軌道高低		2006/5/22

圖 8.軌道不整資料

分段編號 正線別 起點 迄點

路線種類 鋼軌型式 區段 完工時間

正線別	起點	迄點	分段編號	鋼軌型式	區段	完工時間	分段長度	分段基數
東	0	1.5	主正線	道軌	局基	1963	1	1.5
東	1.5	2.4	主正線	道軌	局基	1963	2	0.9
東	2.4	3.4	主正線	道軌	局基	1963	3	1
東	3.4	4	主正線	道軌	局基	1963	4	0.6
東	4	6.6	主正線	道軌	局基	1976	5	2.6
東	6.6	7.5	主正線	道軌	局基	1976	6	0.9
東	7.5	8.4	主正線	道軌	局基	1976	7	0.9
東	8.4	8.8	主正線	道軌	局基	1976	8	0.4
東	8.8	9	主正線	道軌	局基	1976	9	0.2
東	9	9.4	主正線	道軌	局基	1964	10	0.4
東	9.4	10.1	主正線	道軌	局基	1964	11	0.7
東	10.1	11.8	主正線	道軌	局基	1964	12	1.7
東	11.8	12.3	主正線	道軌	局基	1964	13	0.5
東	12.3	13.5	主正線	道軌	局基	1964	14	1.2
東	13.5	13.6	主正線	道軌	局基	1964	15	0.1
東	13.6	13.8	主正線	道軌	局基	1964	16	0.2
東	13.8	14	主正線	道軌	局基	1964	17	0.2
東	14	16	主正線	道軌	局基	1964	18	2
東	16	16.7	主正線	道軌	局基	1964	19	0.7

前一頁 下一頁 上一頁 本頁 列印報表 關閉

圖 9.養護歷史資料查詢

縮放比例 1:100														
分段編號	正線別	起點	迄點	分段長度	距離單位	TQ高度	TQ水平	距離單位	鋼軌型式	鋼軌	完工日期	攝影	坡度千分比	
1	東	0	1.5	1.5	88	9	3	王正超	重軌	陸基	1983	自錄	<10	
2	東	1.5	2.4	0.9	69	8	5	王正超	長外鋼軌	陸基	1983	自錄	<10	
3	東	2.4	3.4	1	80	6	3	王正超	重軌	陸基	1983	自錄	<10	
4	東	3.4	4	0.6	73	8	3	王正超	長外鋼軌	陸基	1983	自錄	<10	
5	東	4	4.2	0.2	76	9	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1983	自錄	<10	
6	東	4.2	5.7	1.5	76	9	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1983	自錄	<10	
7	東	5.7	6.6	0.9	66	7	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1983	自錄	<10	
8	東	6.6	7.5	0.9	73	8	5	王正超	重軌	陸基	1983	自錄	<10	
9	東	7.5	8.4	0.9	73	9	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1983	自錄	<10	
10	東	8.4	8.6	0.2	76	6	4	王正超	重軌	陸基	1983	自錄	<10	
11	東	8.6	9	0.2	76	6	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1983	自錄	<10	
12	東	9	9.4	0.4	85	9	3	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
13	東	9.4	10.1	0.7	85	9	3	王正超	重軌	陸基	1984	自錄	<10	
14	東	10.1	10.5	0.4	76	9	5	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
15	東	10.5	11.8	1.3	76	9	5	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
16	東	11.8	12.3	0.5	76	7	3	王正超	重軌	陸基	1984	自錄	<10	
17	東	12.3	12.5	0.2	76	9	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
18	東	12.5	12.8	0.3	76	9	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
19	東	12.8	13	0.2	76	9	4	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
20	東	13	13.5	0.5	73	8	5	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
21	東	13.5	13.6	0.1	73	8	5	王正超	重軌	陸基	1984	自錄	<10	
22	東	13.6	13.8	0.2	73	8	5	王正超	長外鋼軌	陸基	1984	自錄	<10	
23	東	13.8	14	0.2	73	8	5	王正超	重軌	陸基	1984	自錄	<10	
24	東	14	15.3	1.3	76	6	3	王正超	重軌	楊傑	1984	自錄	<10	
25	東	15.3	15.8	0.5	82	9	5	王正超	重軌	楊傑	1984	自錄	<10	
26	東	15.8	16	0.2	82	8	5	王正超	重軌	楊傑	1984	自錄	<10	
27	東	16	16.7	0.7	79	9	4	王正超	重軌	陸基	1984	自錄	<10	

圖 10.養護歷史資料列表

九、鐵路養護資料查詢系統效益分析

本研究測試後產生之效益如下：

1. 將養護相關資料以雲端儲存、管理，資料不易流失，系統資料庫模組正規化，對於資料庫系統架構、相關資料屬性之設定、以及資料關聯性，增加養護管理能力，進一步的直接把養護相關資訊、紀錄呈現在系統中。
2. 將所有資訊輸入系統中，方便日後排定養護順序，編製緊急維修或年度養護預算，並由統計分析，做出養護預警系統。
3. 由養護系統對照地理資訊系統 GIS，找出經常養護路段所對映之大地資訊，以研究出最適養護之方式。也可由大地資訊，找出對軌道之威脅路段，可預先安排預防養護，降低風險。

十、結論與建議

本研究透過文獻回顧建立養護開發之流程，經由專家訪談，建立養護系統之功能與架構，利用 UML 開發養護管理系統。藉由本研究分析，有下列結論：

1. 台鐵運用了不少電腦軟體與表單，改進以往傳統的作業方式。但缺乏整合與管理，歷史資料查詢費時，本研究將資料系統化、標準化儲存在資料庫中，可有效率的作養護管理，資訊並即時的更新。
2. 本系統可將軌道狀況提供管理者做養護維修決策，並利用此系統進行規劃工作，避免依賴現場負責人的主觀經驗來排定養護順序。
3. 由本系統的應用，可學習以往執行的案例，成為經驗及教學的累積，作

為協助新的養護參考。並藉由系統的參數設定，可快速計算簡化系統資料的輸入，減少人為疏失。

4. 本研究利用自動檢查及損壞調查，蒐集軌道不整資料，由軌道檢查車 EM80 進行自動檢查，立即瞭解軌道不整狀況，而人工損壞調查則彌補自動檢查之不足，以人工經驗針對軌道、道碴及路基狀況做一判斷，做為軌道現況之依據。
5. 軌道檢查資料經常為養護單位實際施工、調查的結果，本研究使用原始存取格式登錄，將同屬性資料記錄於同一表單中，利於管理資料更新、維護，透過資料庫架構選取、彙整所需資料，利於統計分析之判斷。
6. 由 GIS 的資訊，建構出可能危險路段，提早作出因應對策，避免石碴流失或土石流入路線等，以防可能之事故。

本研究建構之『鐵路養護資料庫』為養護管理週期之部份，為使系統更加完整，有以下幾點的建議：

1. 發展財務規劃、採購發包管理系統模組等一套完整的系統。利用資源共享，雲端的養護資料可直接由採購人員、倉管人員等取用，同一份資料可有多方用途，不會有人為抄錄的錯誤。
2. 目前台鐵軌道管理停留於「損壞才維修」階段，即只達「安全管理」層級，而對未來可能出現的損壞，無法預先避免。本研究建議依據軌道管理層級，來決定不同的檢查頻率及養護方法，希望減少重複維修次數。並依使用者層級的不同，可以對『鐵路養護資料庫』進行通盤整合的瞭解，使軌道管理工作更有效率。
3. 根據軌道單位長度內所超過門檻值之不整次數，做為安全管控之標準，應用綜合性指標做為安排人工損壞調查之依據，二者相輔相成，更可提供軌道管理者排定養護先後順序。
4. 林邊淹水、南迴土石流等事件，都和地理資訊有關，建議利用 GIS 作為判斷軌道可能損壞趨勢，建立預測模式，並將軌道調查工作加入標準化，提供執行之規範，加強調查專業人員之訓練，防止主觀判斷差異，確保調查資料之一致性。

十一、參考文獻

1. 臺灣鐵路管理局網頁 <http://www.railway.gov.tw/>,2014。
2. 交通部臺灣鐵路管理局,2009,98 年路線實務班講義,員工訓練中心。
3. 台賓科技團隊,2014,Revit 建築設計與建模實務基礎,基峯。
4. 周天穎,2002,地理資訊系統理論與實務,儒林圖書公司。
5. 謝東穎,「鋼結構工程 4D 模擬系統之研究」,國立台灣大學土木工程研究所碩士論文,2005。
6. 鄭介旗,「4D 於困難施工對策研擬應用」,國立成功大學土木工程研究所碩士論

文，2005。

7. BuildingSmart, <http://www.buildingsmart.de/>, 2014。
8. 林皇名,「公車物料存貨管理系統之動態研究」,國立臺灣大學碩士論文,1991。
9. 張有恆,「儲運管理」,華泰出版社,1980。
10. 曾仁杰,「工程設計階段及生命周期資料交換標準發展與展望」,第二屆土木水利工程專業軟體應用經驗交流研討會暨專業軟體展示會,2006。
11. 維基百科網頁 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/>, 2014
12. 施保旭, 2000, 地理資訊系統, 儒林圖書公司