

101-81-2149

MOTC-IOT-100-EDB005

# 建置橋梁斷橋警示系統之研究(二)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 5 月

ISBN 978-986-03-2645-1

ISBN 條碼

GPN : 1010101075

定價 200 元



101-81-2149

MOTC-IOT-100-EDB005

# 建置橋梁斷橋警示系統之研究(二)

著者：陳一昌、許書耕、鄔德傳、林志平、鐘志忠、吳瑋晉

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

建置橋梁斷橋警示系統之研究. 二 / 陳一昌等著.

-- 初版. -- 臺北市：交通部運研所, 民 101. 05

面；公分

ISBN 978-986-03-2645-1(平裝)

1. 橋樑工程 2. 地理資訊系統

441.8029

101009068

建置橋梁斷橋警示系統之研究(二)

著者：陳一昌、許書耕、鄔德傳、林志平、黃運琳、鐘志忠、吳瑋晉

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw) (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 101 年 5 月

印刷者：福島實業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1010101075 ISBN：978-986-03-2645-1(平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：建置橋梁斷橋警示系統之研究（二）			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-03-2645-1 (平裝)	政府出版品統一編號 1010101075	運輸研究所出版品編號 101-81-2149	計畫編號 100- EDB005
本所主辦單位：運輸工程組 主管：陳一昌 計畫主持人：陳一昌 研究人員：許書耕、鄔德傳 聯絡電話：(02)2349-6827 傳真號碼：(02)2545-0427	合作研究單位：國立交通大學 計畫主持人：林志平教授 研究人員：黃運琳、鐘志忠、吳瑋晉 地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：(03)5712121		研究期間  自 100 年 3 月  至 100 年 12 月
關鍵詞：斷橋警示系統、檢知器監測、時域反射監測			
摘要：  橋梁為聯繫公路系統之重要設施，公路主管機關對於橋梁發生災害或有發生災害危險之虞，多訂有封橋標準作業程序，以保障用路人生命財產安全，然因養護巡查人力及經費有限，汛期中難以全面針對每座橋梁進行全時間的監控，爰此，交通部運輸研究所 99 年度「建置橋梁斷橋警示系統之研究」研發簡易迴路式、檢知器與時域反射技術(Time Domain Reflectometry, TDR)三種警示系統原型，可於橋梁破壞發生時提供用路人及養護單位即時之資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷。本研究進行國內外相關文獻蒐集與分析，針對 99 年度研究成果提出檢討報告，並將三套警示系統進行改善、精進，提高系統可靠度，以強化易於組裝、校正、維護等功能，其中檢知器警示系統主要係將檢知器定位方式由壓降感測改為 RS485 迴路，達到隨插即用、便於組裝、測試之功能，並將檢知鋼索增加為 2 條，提供系統安裝之彈性及贅餘性，另將系統模組化以提升可靠度及耐久性；TDR 警示系統則改善其主機型式，採用 USB TDR 主機，縮短因主機量測分析所造成之時間延遲問題，達到即時警報之功能；簡易迴路式警示系統則透過增設一組檢測迴路，提升可靠度，並額外搭配簡訊發報器發生橋梁破壞訊息，另以繼電器開關控制警示訊號啟動，減少安裝之複雜性。為使研究成果能妥善實際運用於現地橋梁上，達到本研究目的，故透過現地試驗驗證系統長期之可靠性及耐候性等，此次現地安裝試驗方面，主要係以檢知器與簡易迴路式警示系統整體長期穩定性為測試項目，現地試驗地點則選擇苗栗縣梅南橋，現地測試結果顯示，改良後之系統不僅更易於安裝、縮短安裝時程，亦可有效提升系統之可靠度與便利性，測試至目前為止系統皆穩定運作，未來將測試之結果做為系統穩定性與功能性修正及改良之依據，以利後續推廣及提供公路管理機關實際使用時之參考。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
101 年 5 月	238	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS**

**INSTITUTE OF TRANSPORTATION**

**MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Development of the Bridge Failure Alarm System (II)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-03-2645-1 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010101075	IOT SERIAL NUMBER 101-81-2149	PROJECT NUMBER 100- EDB005
DIVISION: Transportation Engineering Division DIVISION DIRECTOR: Isaac I. C. Chen PRINCIPAL INVESTIGATOR: Isaac I. C. Chen PROJECT STAFF: Hsu, Shu-Keng, Wu, Deh-Juan PHONE: (02)2349-6827 FAX: (02)2545-0427			PROJECT PERIOD FROM March 2011 TO December 2011
RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lin, Chih-Ping PROJECT STAFF: Huang, Yun-Lin, Chung, Chih-Chung, Wu, Wei-Chin ADDRESS: 1001 University Rd., HsinChu, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-3-5712121			
KEY WORDS: Bridge failure alarm system , Extension detector monitoring , monitoring of Time Domain Reflectometry ( TDR )			
ABSTRACT:  <p>Bridges are critical facilities of the transportation system. The standard operating procedure of bridge shutdown was established by the government agency to ensure the safety of bridge users and minimize possible damage when the bridge collapses or has a high risk of collapsing. However, during the high-water season, it is difficult to monitor the state of each bridge in real time with a limited number of staff. In order to solve this problem, the project "Development of the Bridge Failure Alarm System" was carried out by the Institute of Transportation of the Ministry of Transportation and Communication in 2010. Three alarm systems based on different technologies were proposed to respond immediately to bridge failure and inform bridge users and government agencies to minimize potential harm.</p> <p>This project is an extension of the previous project to further improve the bridge failure alarm system such that these systems can be successfully popularized in local government road-maintaining agencies. The aim of this project was to improve the accuracy, stability and reliability and to simplify the installation, calibration, and maintenance of these three proposed systems. These alarm systems include (1) Series Extension Detection Device (SEDD), (2) Time Domain Reflectometry (TDR) and (3) Simple Open Circuit Detector (SOCED). For the SEDD system, the original location detection based on voltage drop was replaced by an RS485 circuit to simplify the installation and configuration. Additionally, the detecting wire in the SEDD was doubled to reduce possible false alarms and provide early warning of anomalies with the shorter wire. The SEDD system was also modularized to increase reliability and durability. USB TDR was used to solve the time delay problem and allow an instant reaction in the TDR system. For the SOCED system, a redundant circuit was added to increase the reliability and a message sender triggered by a simple Relay is now equipped to allow remote notification. Furthermore, a Relay switch was used to trigger the alarm signs to simplify the installation.</p> <p>A field test for the more practical methods (SEED and SOCED) was conducted to verify the durability and reliability of the established systems. These two systems were installed in MeiLain Bridge in Miaoli County. According to the testing results, the improved systems not only reduce the time for installation, but also increase reliability and convenience. In the long term, the results of the field test will be used as guidance for future popularization to the governmental round-maintaining agencies.</p>			
DATE OF PUBLICATION  May 2012	NUMBER OF PAGES  238	PRICE  200	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目 錄

目 錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VII
第一章 緒論 .....	1-1
1.1 計畫背景 .....	1-1
1.2 研究範圍與對象 .....	1-2
1.3 研究內容與工作項目 .....	1-2
1.4 研究流程與步驟 .....	1-3
第二章 重要文獻回顧.....	2-1
2.1 橋梁破壞機制與警示監測 .....	2-1
2.2 斷橋警示監測方法的回顧 .....	2-8
2.2.1 機械式及電子式警示監測方法 .....	2-8
2.2.2 傳輸線式破壞警示監測方法 .....	2-22
2.2.3 第一代橋梁斷橋警示系統.....	2-26
2.3 問題探討與綜合評析.....	2-34
第三章 警示系統改善方式及功能架構.....	3-1
3.1 第一代橋梁斷橋警示系統之檢討 .....	3-1
3.2 橋梁斷橋警示系統精進、改善 .....	3-2
3.3 專家學者及實務單位座談會 .....	3-13
3.4 第二代橋梁斷橋警示系統功能及架構.....	3-14
3.4.1 警示系統原理及功能-檢知器警示系統 .....	3-19
3.4.2 警示系統原理及功能-TDR 警示系統 .....	3-28
3.4.3 警示系統原理及功能-簡易迴路式警示系統.....	3-31
第四章 警示系統現地試驗 .....	4-1
4.1 現地試驗步驟及流程研擬 .....	4-1
4.2 警示系統現地安裝、測試 .....	4-8
4.3 教育訓練.....	4-12
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-3
參考文獻	

- 附錄 1 橋梁斷橋警示系統組裝、維護及操作手冊
- 附錄 2 橋梁斷橋警示系統安裝檢測表
- 附錄 3 橋梁斷橋警示系統後續維護檢測表
- 附錄 4 技術揭露文件
- 附錄 5 專家學者與實務單位座談會意見回覆
- 附錄 6 教育訓練與會人員意見回覆
- 附錄 7 期中報告審查意見表
- 附錄 8 期末報告審查意見表
- 附錄 9 期末簡報

## 表目錄

表 1-1 安全預警監測與斷橋警示監測比較表 .....	1-3
表 2-1 各項斷橋警示系統功能性比較表 .....	2-36
表 3-2 簡易迴路式警示系統改善要點 .....	3-3
表 3-3 檢知器警示系統改善要點 .....	3-7
表 3-4 TDR 警示系統改善要點 .....	3-11
表 3-5 蜂鳴器音量衰減至 70 分貝之概略距離 .....	3-27
表 4-1 檢知器警示系統測試安裝項目 .....	4-4
表 4-2 簡易迴路式警示系統安裝項目 .....	4-5
表 4-3 各儀器模組電力備載時數 .....	4-5
表 4-4 梅南橋斷橋警示系統簡易迴路式安裝費用（不含警示設施） .....	4-6
表 4-5 梅南橋斷橋警示系統檢知器安裝費用（不含警示設施） .....	4-6
表 4-6 梅南橋斷橋警示系統警示設施安裝費用 .....	4-7
表 4-7 梅南橋斷橋警示系統工料分析表 .....	4-7
表 4-8 斷橋警示系統檢知器成本概估（不含警示設施） .....	4-7





## 圖目錄

圖 1.1	計畫執行流程圖 .....	1-4
圖 2.1	落橋 .....	2-4
圖 2.2	橋面版及橋塔破壞 .....	2-5
圖 2.3	主梁破壞（移位） .....	2-6
圖 2.4	支承、接頭破壞 .....	2-7
圖 2.5	橋柱破壞 .....	2-7
圖 2.6	橋台破壞 .....	2-8
圖 2.7	1889 年美國專利(No. 405,042)橋面開啟機械式偵測裝置 .....	2-11
圖 2.8	1917 年美國專利(No. 1,213,062)電子式閘道偵測裝置 .....	2-12
圖 2.9	1953 年美國專利(No. 2,650,560)機械式曲軸偵測裝置 .....	2-12
圖 2.10	1954 年美國專利(No. 2,689,341)電子式偏移偵測裝置 .....	2-13
圖 2.11	1970 年美國專利(No. 3,522,790)機械式檢知器概念裝置 .....	2-14
圖 2.12	1995 年美國專利(No.5,479,150)斷橋警示纜線裝置 .....	2-14
圖 2.13	2005 年美國專利(No.6,972,687)斷橋警示纜線固定裝置 .....	2-15
圖 2.14	德州的 Queen Isabella Memorial Bridge (QIMB)光纖檢知器 .....	2-15
圖 2.15	新竹重點監控橋梁預警保全系統示意圖 .....	2-16
圖 2.16	新竹重點監控橋梁警示保全之警示燈系統（竹林大橋） .....	2-17
圖 2.17	新竹重點監控橋梁警示保全之監視系統（中正大橋） .....	2-17
圖 2.18	新竹重點監控橋梁警示保全之監測系統 .....	2-18
圖 2.19	橋梁與大梁間之斷裂偵測架構圖 .....	2-19
圖 2.20	橋梁與大梁間之斷裂偵測 .....	2-19
圖 2.21	橋梁傾斜警告裝置示意圖 .....	2-20
圖 2.22	斷橋警示裝置示意圖 .....	2-20
圖 2.23	斷橋警示裝置監控模組示意圖 .....	2-21

圖 2. 24	斷橋警示裝置作動示意圖 .....	2-22
圖 2. 25	時域反射法之設備 .....	2-23
圖 2. 26	TDR 錯動變形監測之反射訊號與原理 .....	2-24
圖 2. 27	TDR 纜線嵌入於混凝土結構以量測結構破壞之試驗 .....	2-24
圖 2. 28	TDR 纜線嵌入於混凝土結構以量測結構破壞之試驗 .....	2-25
圖 2. 29	典型 OTDR 擷取波形軌跡 .....	2-25
圖 2. 30	警示單元啟動原則示意圖（以檢知器為例） .....	2-27
圖 2. 31	簡易迴路式架構示意圖 .....	2-28
圖 2. 32	簡易迴路式與檢知器警示系統原型 .....	2-29
圖 2. 33	拉斷檢知器原型（高 132mm，寬 124mm，厚 25mm） .....	2-30
圖 2. 34	檢知器架構示意圖 .....	2-30
圖 2. 35	檢知器安裝示意圖（安裝於橋側面板伸縮縫兩側） .....	2-31
圖 2. 36	斷橋警示系統啟動機制 .....	2-31
圖 2. 37	檢知器警示系統現地測試結果 .....	2-32
圖 2. 38	TDR 架構示意圖 .....	2-33
圖 2. 39	實際纜線與束制器(Breaker)佈設示意圖 .....	2-33
圖 2. 40	TDR 警示系統現地試驗 .....	2-34
圖 3. 1	簡易迴路式警示系統架構改善示意圖 .....	3-4
圖 3. 2	簡易迴路式警示系統架構及警示單元啟動示意圖 .....	3-5
圖 3. 3	檢知器警示系統架構改善示意圖 .....	3-8
圖 3. 4	檢知器架構及警示單元啟動示意圖 .....	3-9
圖 3. 5	檢知器模組改善示意圖 .....	3-10
圖 3. 6	各系統接頭規格化示意圖 .....	3-10
圖 3. 7	TDR 架構及警示單元示意圖 .....	3-12
圖 3. 8	專家及實務單位座談會 .....	3-13
圖 3. 9	橋梁主梁型式種類示意圖 .....	3-15

圖 3.10	橋梁結構型式種類示意圖 .....	3-16
圖 3.11	警示系統安裝於簡支梁之示意圖 .....	3-17
圖 3.12	警示系統安裝於連續梁之示意圖 .....	3-18
圖 3.13	警示系統安裝於懸臂梁之示意圖 .....	3-19
圖 3.14	拉斷檢知器內部示意圖（傾斜偵測為額外可安設項目） .....	3-21
圖 3.15	第二代拉斷檢知器 .....	3-21
圖 3.16	檢知器鋼索固定示意圖 .....	3-22
圖 3.17	檢知器線路架構圖 .....	3-22
圖 3.18	控制器架構圖 .....	3-24
圖 3.19	斷橋警示系統警示設施啟動示意圖 .....	3-26
圖 3.20	警示設施架構示意圖含電源中繼站（紅框處） .....	3-26
圖 3.21	警示設施安裝方式示意圖 .....	3-27
圖 3.22	電源系統架構示意圖 .....	3-28
圖 3.23	TDR 線路架構圖 .....	3-29
圖 3.24	實際纜線與束制器(Breaker)佈設示意圖 .....	3-29
圖 3.25	TDR 主機架構圖 .....	3-31
圖 3.26	第二代簡易迴路式警示系統架構及安裝示意圖 .....	3-32
圖 3.27	傳統繼電器(Relay)及型號示意圖 .....	3-33
圖 3.28	簡訊傳輸模組及型號示意圖 .....	3-33
圖 4.1	梅南橋現地照 .....	4-3
圖 4.2	梅南橋現地警示系統安裝示意圖 .....	4-3
圖 4.3	檢知器警示系統現地安裝示意圖 .....	4-10
圖 4.4	簡易迴路式警示系統現地安裝示意圖 .....	4-11
圖 4.5	教育訓練流程 .....	4-13
圖 4.6	教育訓練議程 .....	4-14
圖 4.7	建置橋梁斷橋警示系統教育訓練-與會人員 .....	4-15

圖 4.8 建置橋梁斷橋警示系統教育訓練-現地參訪.....	4-15
--------------------------------	------

# 第一章 緒論

## 1.1 計畫背景

本研究係考量部屬機關橋梁管養及巡查人力有限，及鑑於近年來有用路人於不知已發生斷橋仍繼續進入該橋之情形，爰本研究目的係研發橋梁斷橋警示系統，以協助部屬機關橋梁管養人員於到達該橋進行相關作業前，系統可發揮即早通知用路人該橋梁已有危險之功能。

聯合國「政府間氣候變遷問題小組」(IPCC)於2007年公佈的「第四次評估報告」顯示，氣候變遷可能對全球帶來衝擊，其衝擊幅度主要與暖化程度有關。由於全球暖化、氣候變異，未來每年侵臺的颱風數可能增多，且降雨量、降雨強度亦可能超出預期；加上921大地震後，河川上游土石更加鬆動，豪雨季節的大水挾帶大量土石將造成的衝擊與沖刷現象，以上種種不利因素，如產生超過原先橋梁設計的預期，即可能產生橋梁斷橋事件。

橋梁為聯繫公路系統之重要設施，目前公路主管機關對於橋梁發生災害或有發生災害危險之虞，多訂有封橋標準作業程序，以保障用路人生命財產安全，並使公路運輸功能所遭受損害減至最低程度。然臺灣地區除高鐵及捷運橋梁外，目前約有2萬7千座橋梁（公路總局負責養護約4千座），因養護巡查人力及經費有限，汛期中難以全面針對每座橋梁進行全時間的監控；另鑑於后豐斷橋時，似有橋梁發生斷橋或破壞後，人、車仍繼續進入，造成人、車落水的意外。爰此，除針對橋梁監測系統進行研發外，如何以經濟、簡單、可靠的方式，在橋梁破壞發生時提供用路人及養護單位即時之資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷，此為一重要課題。

有鑑於此，交通部運輸研究所（以下簡稱運研所）99年度「建置橋梁斷橋警示系統之研究」研發簡易迴路式、檢知器與時域反射技術(Time Domain Reflectometry, TDR)三種警示系統原型，可於橋梁破壞發生時提供用路人及養護單位即時之資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷。本研究基於99年度研究成果，期為進一步改良或研發更為經濟、高可靠度、易於組裝、校正與維護，且更符合實務單位需求之斷橋警示系統，以協助第一線橋梁管養單位，此為本年度研究課題與研究方向。

## 1.2 研究範圍與對象

本研究異於一般橋梁監測或安全預警系統，研發重點不在於橋梁之變形與沖刷情形，主要目的係於落橋發生時可提供橋梁左右側後方用路人及養護單位即時資訊（包含必要之警示裝置），本計畫須針對運研所 99 年度研發之簡易迴路式、檢知器與時域反射技術(TDR)等三種警示系統原型，將其作進一步精進與改良，或創新地提出更經濟且更符合實務單位需求等之系統，本年度研究方向係將研發之系統推廣至公路管理機關，可將系統移交，俾利協助第一線橋梁管養單位作業之需求。系統的需求包括：易於組裝、校正及維護，具高可靠度，建置、使用及維修成本低等；另一般橋梁巡查人員平時可進行系統裝置設備等零組件之校正，俟汛期亦方便地於現地進行組裝、測試，且系統需較原系統更能承受現地惡劣天候之影響等。

## 1.3 研究內容與工作項目

本研究內容與工作項目如下：

1. 須詳細針對運研所 99 年委託研發之第一代橋梁斷橋警示系統，提出檢討報告，並提出該系統改善報告，或創新地提出更經濟且更符合實務單位需求之系統研發報告。
2. 邀請專家學者及實務單位參與研討：為提昇計畫執行效能，委辦單位完成改善報告或創新地提出更經濟且更符合實務單位需求之系統研發報告後，應隨即邀請專家學者及實務單位參與研討，針對系統改善方案或新研發方案以及實務運作需求，進行綜合考量，俾利研發功能更佳之橋梁斷橋警示系統，並更能符合橋梁管理單位之需求。
3. 第一代橋梁斷橋警示系統之精進、改善，或創新地提出更經濟且更符合實務單位需求之系統：委辦單位需就系統改善報告，或更經濟且更符合實務單位需求之系統研發報告，並參酌相關專家學者等建議，進行原系統之精進、改善，或進行新系統之研發，系統需符合項目：
  - (1) 提升可靠度，以零誤報為目標。
  - (2) 改善系統設備裝置的耐久性，必要時可針對不同特性之橋梁予以不同保護裝置，俾

利系統更能因應汛期或惡劣天候。

(3) 系統組裝及拆卸之簡易化及標準化。

(4) 系統維護及校正之簡易化。

4. 進行系統現地試驗：為驗證系統更新後之功能及成效，有關現地試驗所需之實際橋梁可透過本所商請公路管理機關提供相關協助，必要時本所得視實際需求，指定需進行試驗之橋梁，包含橋數及試驗時間；另鑑於橋梁斷橋警示系統之研發，不單純僅是警示系統的建置，更重要得是能提供公路管理機關實務上使用，因此須精進系統原有斷橋偵測之功能，改善災後即時通報之成效。
5. 辦理系統推廣說明會及教育訓練：邀請公路主管機關及橋梁管養單位，辦理推廣說明會，並進行相關教育訓練，俾利後續系統移交後相關機關或單位可賡續使用。
6. 研訂系統組裝、校正、維護及操作手冊：訂定包含圖說之系統組裝、校正、維護及操作手冊，並針對系統後續維護、推廣及功能擴充之建議報告。

## 1.4 研究流程與步驟

本研究團隊回顧現有文獻資料，並考量本計畫之工作範圍與項目，認為以迴路式為架構之警示系統其安裝、設置與維護等方面，仍較為便利、簡單、可靠，且能達到實務單位使用上之需求，此外國外亦已有採用迴路式架構之警示系統，因此本研究主要之工作目的，係將 99 年以迴路式架構為基礎所研發之三套橋梁斷橋警示系統，包含簡易迴路式、檢知器與 TDR 進行精進、改善，以確保系統符合實務單位需求。根據研究目的，初步擬定工作流程規劃如圖 1.1 所示，於研究初期針對第一代橋梁斷橋警示系統進行檢討，提出改善方針，並於改善報告擬定後，立即舉辦專家學者及實務單位座談會，多方蒐集實務單位及學者之建議，以期針對系統改善方案及實務運作需求，進行綜合考量，俾利研發功能更佳之橋梁斷橋警示系統，並更能符合橋梁管理單位之需求。系統改善完成後，為驗證本系統更新後之功能及成效，本團隊配合主辦單位商請公路管理機關提供相關協助，於指定橋梁進行現地試驗，另依系統現地試驗之結果，研訂系統組裝、校正、維護及操作手冊，同舉辦教育訓練推廣，以提供實務單位後續應用之參考。

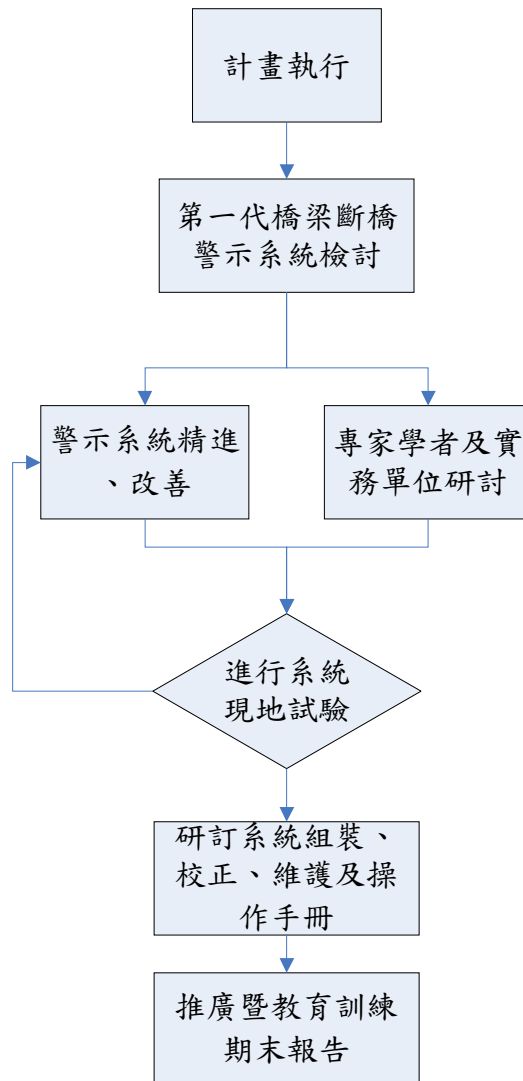


圖 1.1 計畫執行流程圖



## 第二章 重要文獻回顧

### 2.1 橋梁破壞機制與警示監測

由於全球暖化所造成的氣候變遷與氣候異常，極端氣候現象發生的機率也隨之增加。以雨量為例，臺灣地區全年降雨量增加，降雨天數卻減少，意味著單日降雨量暴增。夏季颱風侵擾，加上極端氣候現象發酵，讓颱風所帶來的降雨更加難以預測。2009 年 8 月 8 日，莫拉克颱風帶來之豪大雨量（例如嘉義縣阿里山鄉單日降下 1160 毫米的雨量<sup>[7]</sup>），造成全臺公路系統 242 處災害，橋梁 60 座毀損<sup>[1]</sup>，40 多座交通部公路總局管轄的橋梁斷裂<sup>[2]</sup>，災情嚴重程度更甚於 921 大地震。另外，臺灣近年來土石流情況惡化，每次暴雨過後，因山坡地坍塌或土石流延伸之橋斷路毀事件日益增加，預估臺灣現有大型橋梁多橋墩、跨徑小的設計，未來斷橋事件將會比例將會增加<sup>[3]</sup>。

臺灣位於環太平洋地震帶，斷層密布，地狹人稠，無論是道路或橋梁等規劃都很難全面避開斷層帶，2000 年 921 大地震，橋梁嚴重損壞達 20 餘座<sup>[4]</sup>（此處嚴重損壞定義為發生落橋或主要結構桿件嚴重損壞而必須封橋直到修復或重建完成為止者）。

為了解橋梁破壞機制及行為，以達到較佳的斷橋警示效果，本研究首先針對橋梁相關破壞模式進行探討，以做為後續橋梁破壞警示系統研發之依據。Biezma and Schanack(2007)<sup>[5]</sup>指出，橋梁發生破壞時通常不會單單只有一個影響因素，而是各個因素彼此相互伴隨所造成，但是每座損毀的橋梁一定有一個造成破壞的「主要原因」，而這些主要的破壞因素經過統計、分析後，可歸類為下列 6 種：

1. 天災或戰爭（山崩、洪水、地震、恐怖攻擊等）
2. 意外撞擊和超載
3. 結構和設計不足
4. 沖刷
5. 建造與管理錯誤
6. 後續維護與檢驗不足

此 6 種橋梁破壞主因亦會造成各種不同的橋梁破壞模式，以沖刷為例，根據統計，自民國 85 年到 91 年共有 68 座橋梁因沖刷災害受損<sup>[2]</sup>，另根據「橋梁道路及交通設施震災調查報告」<sup>[4]</sup>。橋梁破壞模式可概略分為下列幾項：

1. 落橋：如圖 2.1 (1)至(4)所示。

2. 橋面版及橋塔破壞：如圖 2.2 (1)至(3)所示。
3. 主梁破壞（移位）：如圖 2.3 所示。
4. 支承、接頭破壞：如圖 2.4 所示。
5. 橋柱（墩）破壞（剪力、撓曲、撓剪、傾倒）：如圖 2.5 (1)所示。
6. 橋台破壞：如圖 2.6 (1)所示。

另許瀞文(2008)<sup>[6]</sup>與周郁芳(2009)<sup>[7]</sup>等人，則分別針對 95 年碧利斯颱風（含 0609 豪雨）及 98 年八八水災等災害造成之橋梁受損原因進行探討，由探討結果可大致將橋梁破壞原因概略分為下列幾項：

1. 整跨落橋、沖毀，如圖 2.1 (5)至(6)所示。
2. 橋面塌陷傾斜、流失，如圖 2.2 (4)所示。
3. 橋墩（柱）基礎裸露、傾斜、淘空流失，如圖 2.5 (2)至(4)所示。
4. 橋台淘空流失、翼牆破壞，如圖 2.6 (2)至(4)所示。

由上述文獻可知，造成橋梁破壞的原因（如地震、水災等）雖不相同，但整體而言其所造成之橋梁破壞，最終皆有可能演變成落橋等整體破壞行為，造成用路人生命財產之損失。因此為保障用路人生命財產安全，使公路運輸功能所遭受損害減至最低程度，如何以經濟、簡單、可靠的方式，在橋梁破壞發生時提供用路人及養護單位即時之資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷，實為刻不容緩之課題。

有鑑於此，「橋梁安全預警監測技術」為目前一研發應用重點，主要基於橋梁不同物理特性，加以利用電子設備進行監測，如沉陷計、測傾管、傾斜儀、光學/GPS 3D 位移監測、加速度計、鋼筋/混凝土應變計<sup>[8]</sup>，以及近來頗受矚目之沖刷監測<sup>[9]、[10]</sup>等項目，主要提供一橋梁安全之「健康監測」<sup>[11]</sup>，此一類項目包含橋梁定期檢測與一般橋梁監測，主要憑藉自動化監測可節省人力，並依照監測資料所得之數據及參數，配合專家學者之分析、研究，訂定橋梁之警戒值與行動值，以提供管理單位「預警時間」。

然而上述多種監測方法與設備，大部分屬於非分佈式，不容易完整涵蓋橋梁整體，若監測點數一旦增多，其感測器、接線以及資料擷取等費用可觀；資料後處理費時，而電子感應器的可靠性與耐久性堪虞，其監測項目之「預警值/行動值」訂定仍有許多不確定（特別是基礎承载力）。如果採用上述之健康監測系統，透過安全穩定分析程序，因仍需考量參數與模式不確定性，進而訂定保守的預警值與封橋行動值，可能發生非事實之封橋警報。爾後假警報後如何立即恢復通車並立即修訂行動值，若新的行動值更新

前，橋梁又產生破壞或因假警報頻繁而在超過行動值未封橋，可能衍生諸多疑慮。

因此基於本研究主要緣由與目的，茲將「安全預警監測」與「破壞警示」兩者定位之差異性整理如表 1-1 所列。目前臺灣本土許多破壞案例多屬已知的危橋，但補強與改建之程序包括診斷分析、規劃設計、費用估算、效益分析、預算編列，招標、施工以及驗收等流程。對於等待修復或改建之危險橋梁，可否直接監測其重要指標，若確定橋梁結構破壞則即時警示，降低損傷，是本研究之主要目的。因此本研究之中心主旨亦即提出之橋梁斷橋警示系統，猶如道路安全保全，直接偵測橋面版或其結構之完整連續性，當橋面版斷裂或過度傾斜時，立即傳訊管理人員，並及時透過現場警示設施顯示封橋訊息警告用路人，讓管理單位及用路人在第一時間掌握道路及橋梁狀況、避免人命傷亡。

表1-1 安全預警監測與斷橋警示監測比較表

	安全預警監測	斷橋警示監測
目的	作為結構修復補強或後續工程之基礎資料	取代肉眼、人力、在第一時間進行斷橋警示與通知
應變時間	橋梁發生異常時，仍需會同專家、學者尋求相關檢測或解決方案，較無法立即進行維護、管控，故其尚有改善餘裕	需立刻處理
監測頻率	時/天 (監測頻率可依管理單位之需求，進行調整)	無監測頻率，斷橋事件發生即啟動
警戒門檻值	需由監測資料與相關參數，定訂警戒值與行動值	無門檻值，斷橋事件發生即啟動
判讀人員	專家	第一線管理人員
儀器訴求	較精密	可靠性高



資料來源:橋梁道路及交通設施震災調查報告<sup>【4】</sup>、周郁芳(2009)<sup>【7】</sup>

圖 2.1 落橋





資料來源:橋梁道路及交通設施震災調查報告<sup>【4】</sup>、周郁芳(2009)<sup>【7】</sup>

圖 2.2 橋面版及橋塔破壞



資料來源:橋梁道路及交通設施震災調查報告【4】

圖 2.3 主梁破壞（移位）





資料來源:橋梁道路及交通設施震災調查報告【4】

圖 2.4 支承、接頭破壞



資料來源:橋梁道路及交通設施震災調查報告【4】、許瀨文(2008)【6】、周郁芳(2009)【7】

圖 2.5 橋柱破壞



資料來源:橋梁道路及交通設施震災調查報告<sup>【4】</sup>、周郁芳(2009)<sup>【7】</sup>

圖 2.6 橋台破壞

## 2.2 斷橋警示監測方法的回顧

### 2.2.1 機械式及電子式警示監測方法

回顧橋梁破壞警示監測方法，可追溯至 1889 年之美國專利(No. 405,042)<sup>【12】</sup>中，利用一基本機械開關，告知用路人橋面開啟（如圖 2. 7 所示）；1917 年之美國專利(No. 1,213,062)<sup>【13】</sup>則首度使用一電子開道之迴路系統（如圖 2. 8 所示），開道開啟時啟動警示；1953 年之美國專利(No. 2,650,560)<sup>【14】</sup>則利用一機械曲軸裝置（如圖 2. 9 所示），架設於橋梁樁帽上，當樁與樁帽有相對位移時，帶動曲軸，發送警報；1954 年美國專利(No. 2,689,341)<sup>【15】</sup>提出電子式偏移偵測裝置，原理則利用一擺垂（如圖 2. 10 所示），當橋面發生偏移而使擺垂與外環接觸時，則啟動警示，為現在常用之傾斜儀之前身；1970 年美國專利(No. 3,522,790)<sup>【16】</sup>則提出機械式檢知器概念，利用一對可回彈之探管，將探管



壓制並互相以管線固定(如圖 2. 11 所示),當橋面位移使固定管線鬆拖,則回彈之探管便可當作警示符號。1995 年美國專利(No.5,479,150)<sup>[17]</sup>回顧上述相關研發專利,提出一裝置可針對橋梁所有之橋面接合處進行偵測,其原理則是利用一電纜,電纜則環繞橋面兩側成為一迴路系統,在橋面接合處預留估計伸張長度後,將纜線固定於兩端橋面(如圖 2. 12 所示),橋頭則利用一通告器(Annunciator),藉以檢視纜線迴路系統之完整性,當橋面伸張或變位程度超過纜線預留長度,而使纜線斷裂,則可啟動警報。上述之技術除電纜迴路外,其餘系統皆因架構較大較複雜而不易安裝、且成本高、不適合全面佈設、後續維護、校正及檢測亦不易;電纜迴路具備簡易可靠的特性,但若能加上誤觸預防及掌握破壞位置之機制,應能更符合實務需求。

2005 年美國專利(No.6,972,687)<sup>[18]</sup>則回顧既有方法,認為利用導電纜線作為破壞警示監測之感測元件,面臨長距離訊號衰減、雷擊,或是額外增加訊號放大器以及避雷裝置而使成本提升等問題;另外採用光纖纜線,雖避免訊號衰減或雷擊等問題,但由於光纖纜線外皮材質關係,常可能橋面版已經大幅位移而光纖纜線因滑動而無明顯之拉段損壞現象。因此本專利提出光纖監測改善裝置與辦法(如圖 2. 13 所示),透過光纖纜線新型固定方式與檢測方法,企圖提升破壞警示監測之穩定性。此一專利與相關發明,則延伸應用於德州的 Queen Isabella Memorial Bridge (QIMB),此一橋梁全長 12,510 呎,共有 146 座橋墩,2001 年 9 月 15 日因船衝撞橋墩,造成一座橋墩及兩跨橋面崩落損毀,因此有 8 名用路人掉落死亡。QIMB 於 2004 年 11 月重新開放,為了避免斷橋狀況,德州交通部在 QIMB 設置了落橋偵測系統,由於此一系統目前並無設計標準,因此德州交通部廣徵相關學會專家學者之意見進行系統設計,其系統需求包括:簡單、可靠及使用非掩蔽式(Off-the-Shelf)的構件。因傳統之振動式感應器、微波、雷射、聲納等感測器有其限制,基於上述專利概念,其承辦單位於全橋佈設光纖纜線,並測試相關新式固定器 (Fixer/Breaker) 與檢測方法改善成效(如圖 2. 14 所示),此一系統並配合相關警示設備,除了燈示警示駕駛人,同時封閉橋梁、利用傳輸系統額外通知交通部及相關緊急服務人員<sup>[19]</sup>。後續研究考量為避免光纖纜線因材質具有高度變形特性而減低斷橋剪動靈敏性,其研發公司提升電器設備傳輸能力與防突波裝置,重新使用電纜線作為迴路線路,並配合電纜線固定器使用,以提升斷橋剪動靈敏性<sup>[31]</sup>,此一系統為簡易的迴路式監測,施工安裝簡單可靠,可即時啟動警示系統,但整體系統仍無誤觸誤報預防機制,且無法提供管理者斷橋破壞位置,後續系統檢測與維護較不易。

國內於 2010 年時由竹科廠商贊助,提出一新竹重點監控橋梁監測預警保全系統計

畫。此一計畫委託國立中央大學於新竹縣竹東中正大橋、竹林大橋、新竹市溪州大橋、橫山新興大橋與南昌橋、五峰清泉大橋等安裝監測系統，其中有關斷橋警示監測項目則以橋墩傾斜與橋面斷裂為目標<sup>[29]</sup>，其系統架構如圖 2. 15 所示。當橋梁發生上述情況時，橋的兩端「警示閃光蜂鳴器」會發出訊息，如圖 2. 16，並顯示在發光二極管 (Light-Emitting-Diode, LED) 顯示看板上，提醒過往行人與車輛注意。同時警示也會以手機簡訊與影像方式，如圖 2. 17，立即傳送到相關橋梁維護單位與人員以做有效處置。中央大學橋梁工程研究中心表示，「結構行為監測」，如圖 2. 18，包括了「橋墩傾斜偵測判斷」功能，採用橋墩傾斜量測單元使用一個雙軸向傾斜計，量測橋墩朝車行方向及垂直於車行方向的傾斜值，透過既定的訊號分析技術，檢核經過結構安全分析計算所得之各項警戒門檻，以即時自動或人為觀察判斷之方式，啟動橋上之警報系統，達到先期警示的功效。另一功能為「落橋偵測判斷」，則利用斷路器監控各監測區段的橋面狀況，如圖 2. 19 與圖 2. 20，若產生落橋狀況時，有兩組以上之斷路器啟動，則自動啟動橋上之警報系統，以避免於視線不佳狀況導致墜橋事件。由落橋偵測整體系統架構顯示，其系統核心之斷路偵測部分以多組簡易之線材構成迴路進行監測並提供雙重確認機制，但因其各單元系統訊號傳輸及控制皆藉由無線 (Zigbee) 之方式進行傳遞，如於汛期或惡劣環境期間，可能影響訊號傳送、接送之品質，長期穩定性仍待觀察。另以本系統架構評估，雖可於安裝階段提供快速施工便捷效益，但系統複雜度與耗電量高，需專業網路與系統整合廠商協助，且各單元與系統之檢測與後續維護不易等。

另依據經濟部智慧財產局中華民國專利資料檢索系統資料顯示，國內於 2010 及 2011 年皆有相關專利提出，2010 年林玉峰<sup>[32]</sup>提出一橋梁傾斜警告裝置專利，其係使用 U 型聯通管及一浮體組成，如圖 2. 21，其中該 U 型聯通管內充入一半高度之液體，並於垂直管柱之水平面上方管柱內緣處，由下而上間距環設有數電源接觸點；其中該浮體，呈圓柱狀，直徑稍小於 U 型聯通管之內徑，表面包覆有導電體，可置入 U 型聯通管之垂直管柱內，可隨管內液體上下間浮動，藉此方式，當橋梁發生傾斜狀態時，該一側端之浮體上升至設定高度時，將依序接觸垂直管柱內緣之數電源接觸點而接通警報器，達到警示之效用。此一設計雖可提供橋梁傾斜之監測，但因尚無實際安裝測試之結果，故其電源配置、警示系統及現地安裝等部分可能仍易有不確定性之虞，此外該系統架構內之浮體可能因直徑與 U 型聯通管差異不大，當橋梁傾斜時，浮體可能尚未接觸垂直管柱內緣之電源接觸點，便已於管內卡住，造成系統故障，且當管內液體因蒸發而減少時，亦可能造成橋梁傾斜時，管內浮體無法上升至設計高度，造成無法警報等。

張立昌<sup>[33]</sup>等人於 2011 年提出一斷橋警示裝置，如圖 2. 22，企圖以可靠性高的機構偵測橋面異常情況，於橋面斷裂破壞時能發出警報，其係利用一個以上互相並聯之監控模組進行監測，如圖 2. 23，每一監測模組包含一感測單位（由一個以上感測器（可為微動開關）構成，裝設於橋梁龍骨與橋墩接觸之處）、一警報單元（由複數警示燈與控制電路組合而成）及一電源單元（提供警報單元及感測單元電源）。當橋面傾斜或斷裂時，因橋面底部的龍骨與橋墩頂面產生了間隙，故造成裝設於龍骨與橋墩頂面間之微動開關其簧片與接點分離，如圖 2. 24，此時微動開關即傳遞訊號給控制電路，控制電路再傳遞訊號給警示燈及警報器，達到警示之效果。此一設計雖可提供橋梁斷橋之監測，但由於微動開關作用靈敏，其安全及啟動距離不易掌握，而由系統架構顯示，微動開關之簧片與接點係安裝於橋梁龍骨與橋墩接觸之處，簧片由橋墩頂面所壓制，此一安裝方式可能造成簧片長期受壓而彈性疲乏形成誤報或不報之虞，且受橋梁間隙不同，可能無法全面適用；另簧片於戶外長期安裝易產生銅綠造成導電性降低，系統安裝完成後難以檢測系統是否正常運作，後續系統、線路及電源等亦不便維護。

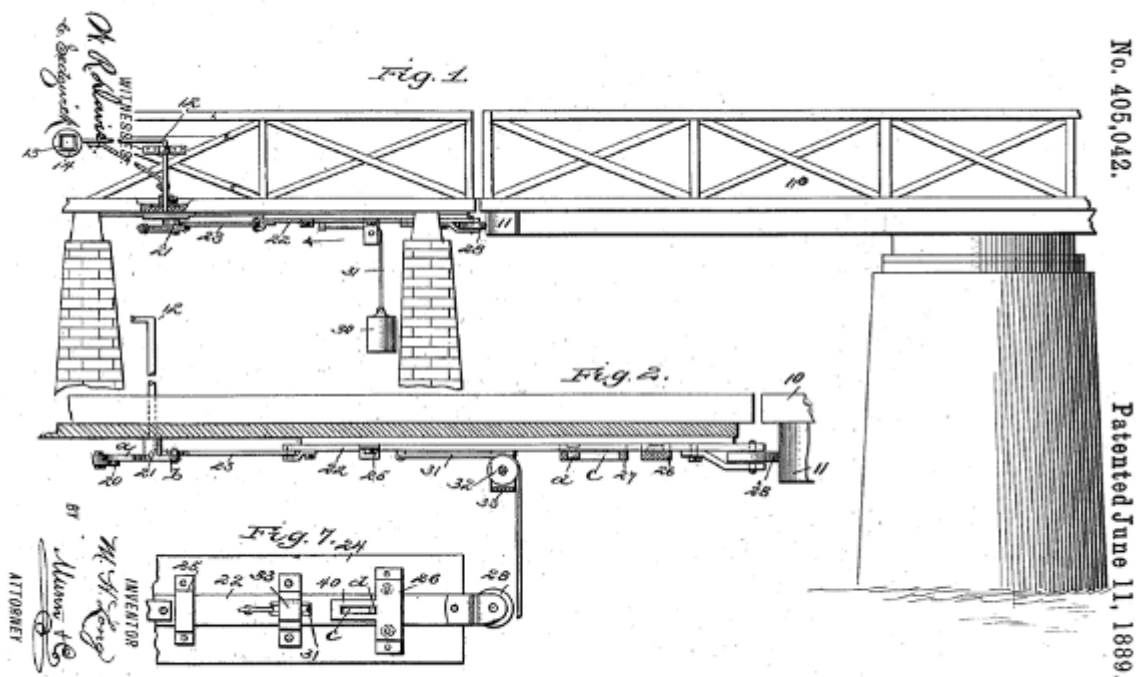


圖 2. 7 1889 年美國專利(No. 405,042)橋面開啟機械式偵測裝置

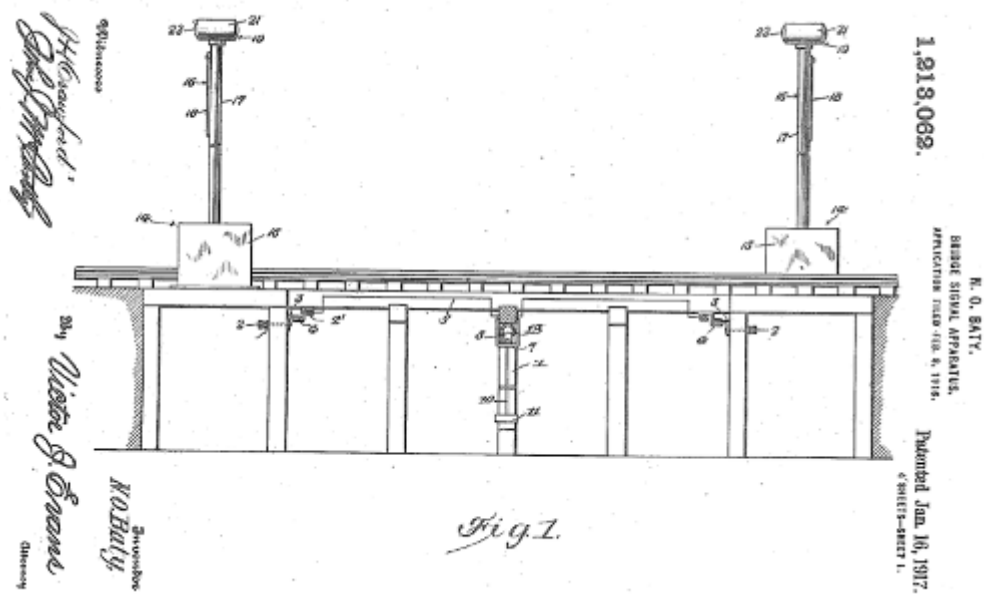


圖 2.8 1917 年美國專利(No. 1,213,062)電子式閘道偵測裝置

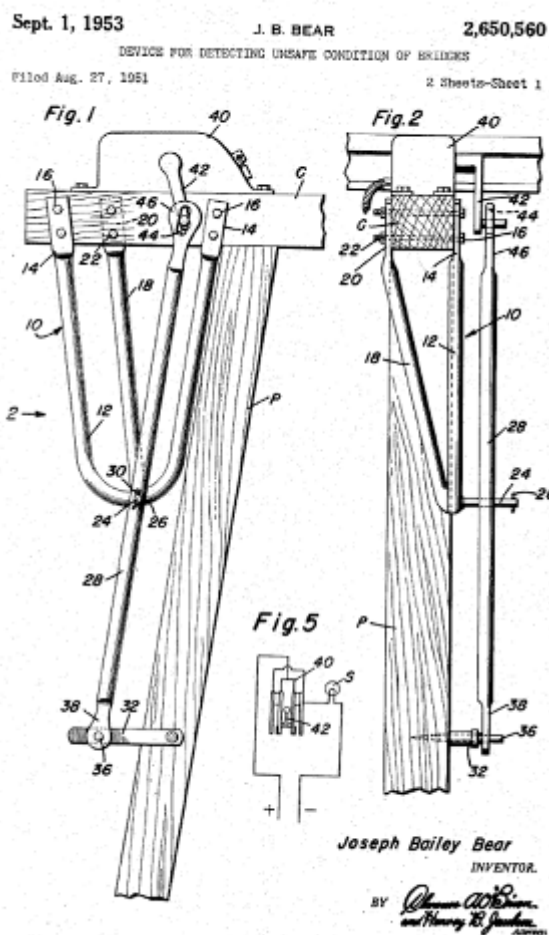


圖 2.9 1953 年美國專利(No. 2,650,560)機械式曲軸偵測裝置

Sept. 14, 1954

A. W. HOLST

2,689,341

SAFETY DEVICE FOR INDICATING SHIFTING OF STRUCTURES

Filed Nov. 8, 1951

4 Sheets-Sheet 2

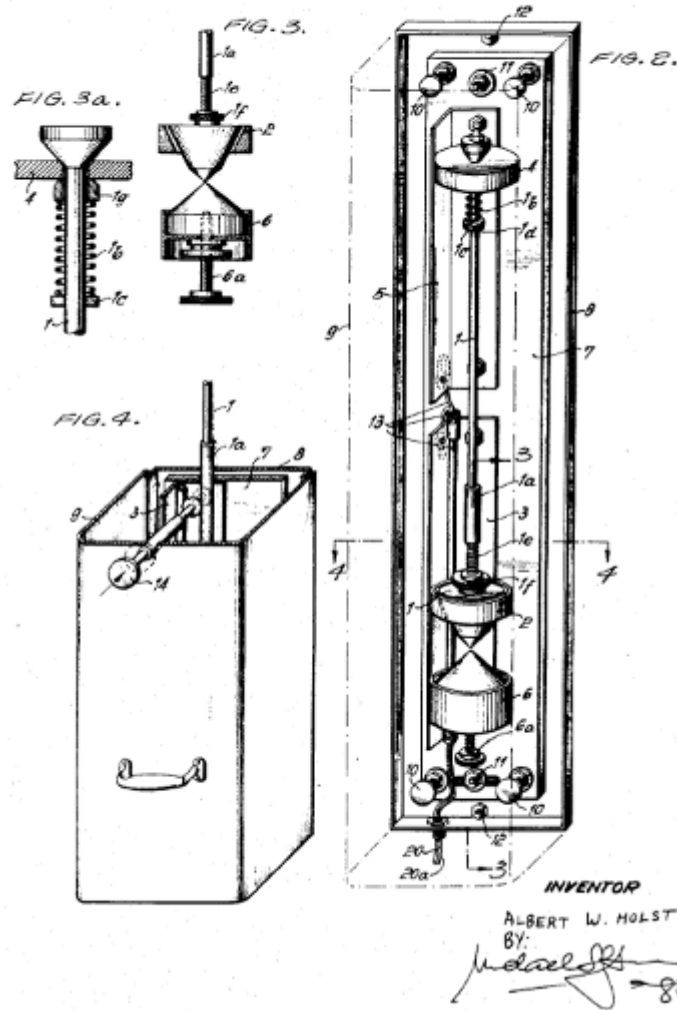


圖 2. 10 1954 年美國專利(No. 2,689,341)電子式偏移偵測裝置

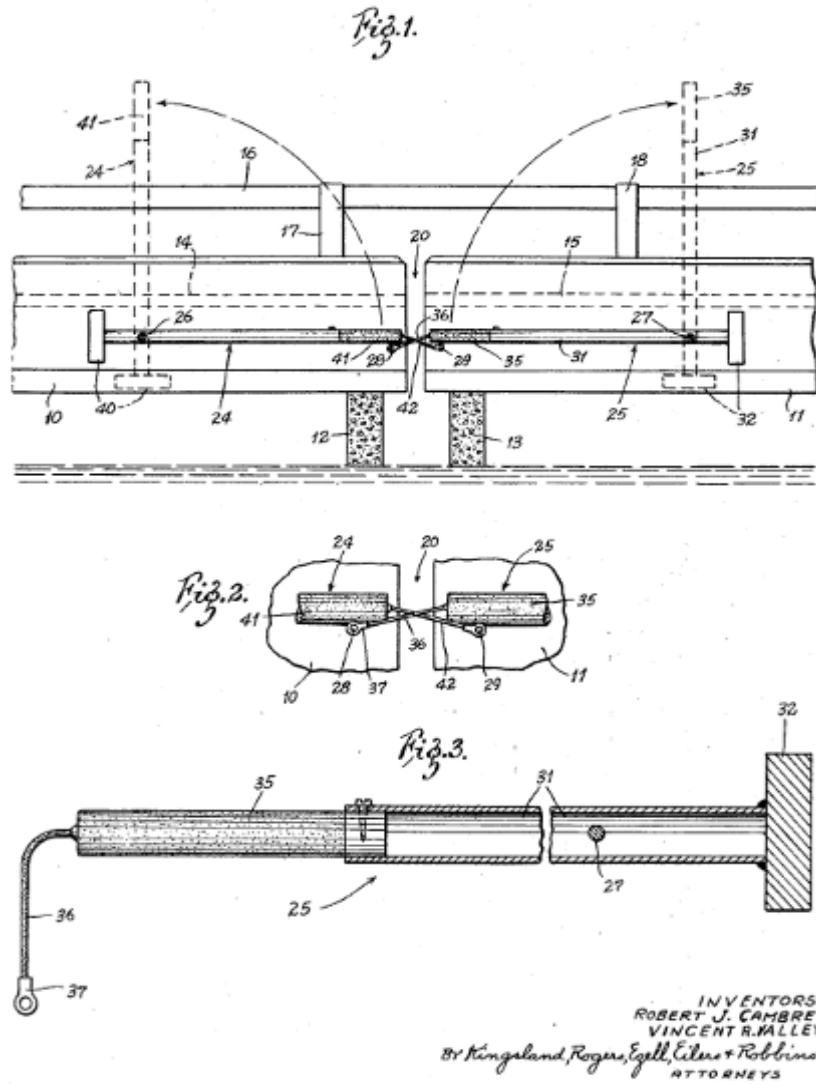


圖 2. 11 1970 年美國專利(No. 3,522,790)機械式檢知器概念裝置

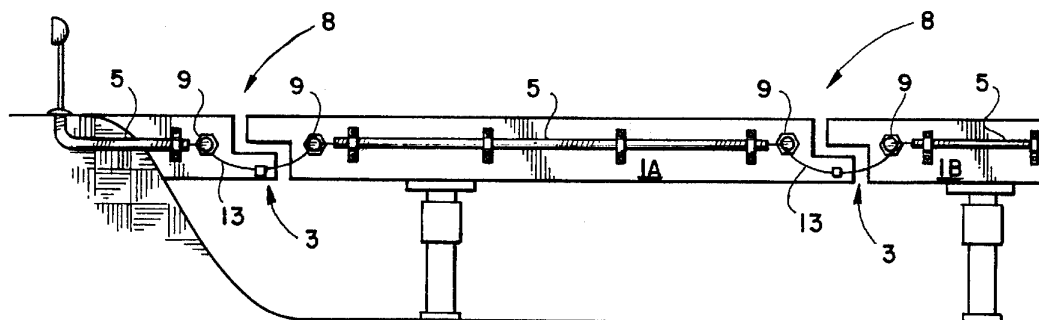


圖 2. 12 1995 年美國專利(No. 5,479,150)斷橋警示纜線裝置

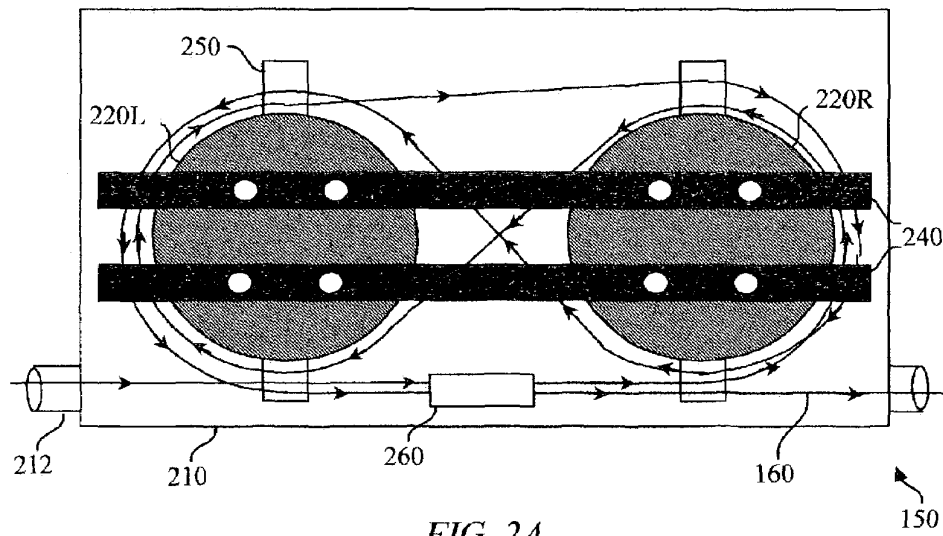
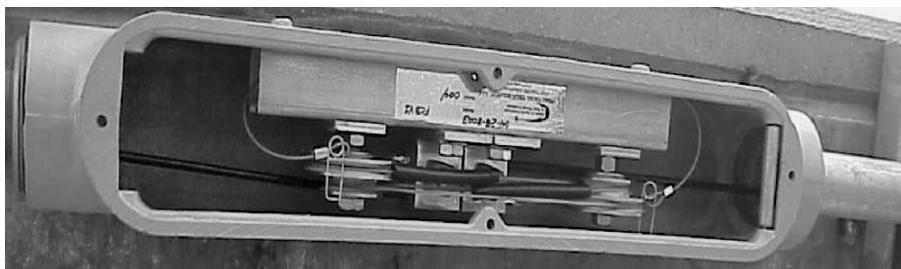


圖 2. 13 2005 年美國專利(No.6,972,687)斷橋警示纜線固定裝置



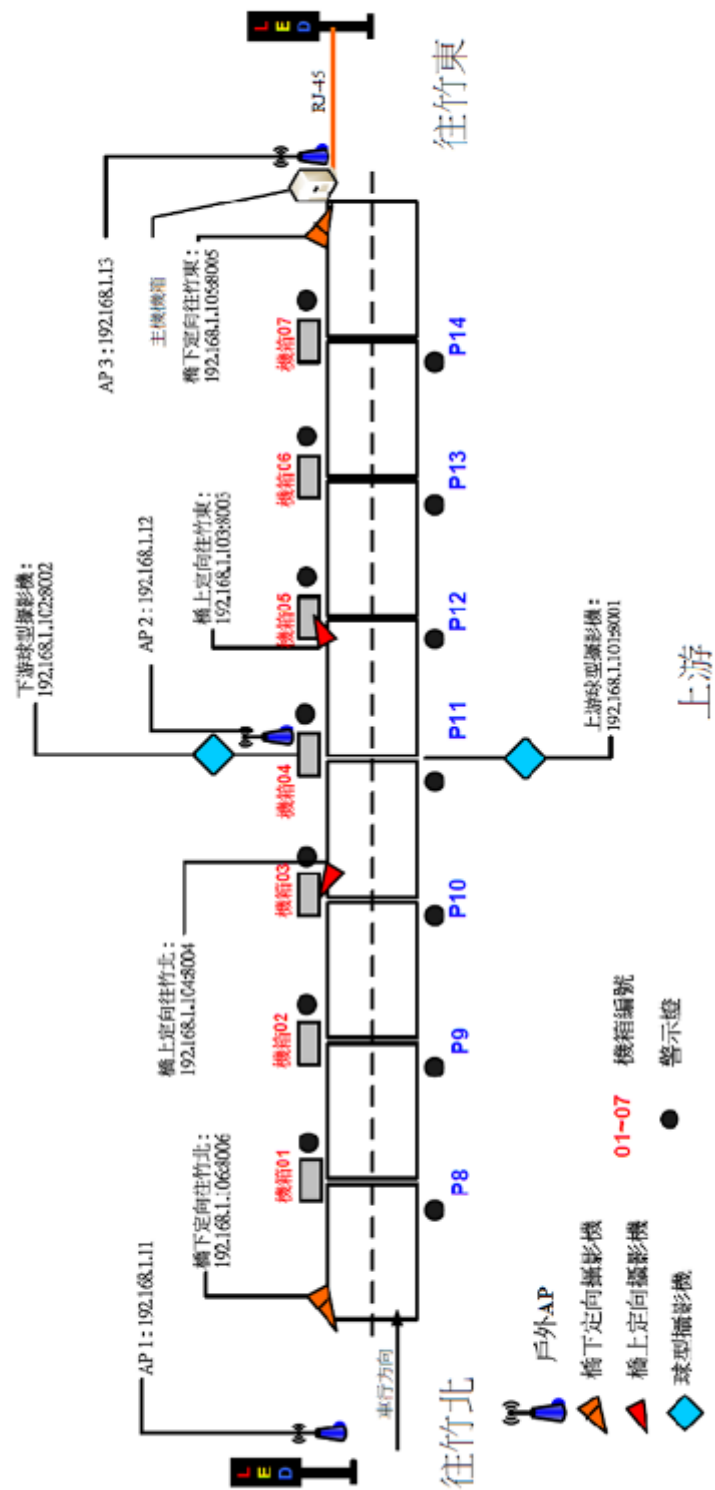
(1) 小型固定/破壞器



(2) 大型固定/破壞器

資料來源：Mercier et al., 2005<sup>【19】</sup>

圖 2. 14 德州的 Queen Isabella Memorial Bridge (QIMB) 光纖檢知器



資料來源：台灣橋梁安全監測預警系統-系統整合測試報告暨操作手冊<sup>[29]</sup>

圖 2.15 新竹重點監控橋梁預警保全系統示意圖





(1)LED燈



(2)閃光蜂鳴器

圖 2.16 新竹重點監控橋梁警示保全之警示燈系統（竹林大橋）



(1)橋面板監視器



(2)橋柱監視器

圖 2.17 新竹重點監控橋梁警示保全之監視系統（中正大橋）



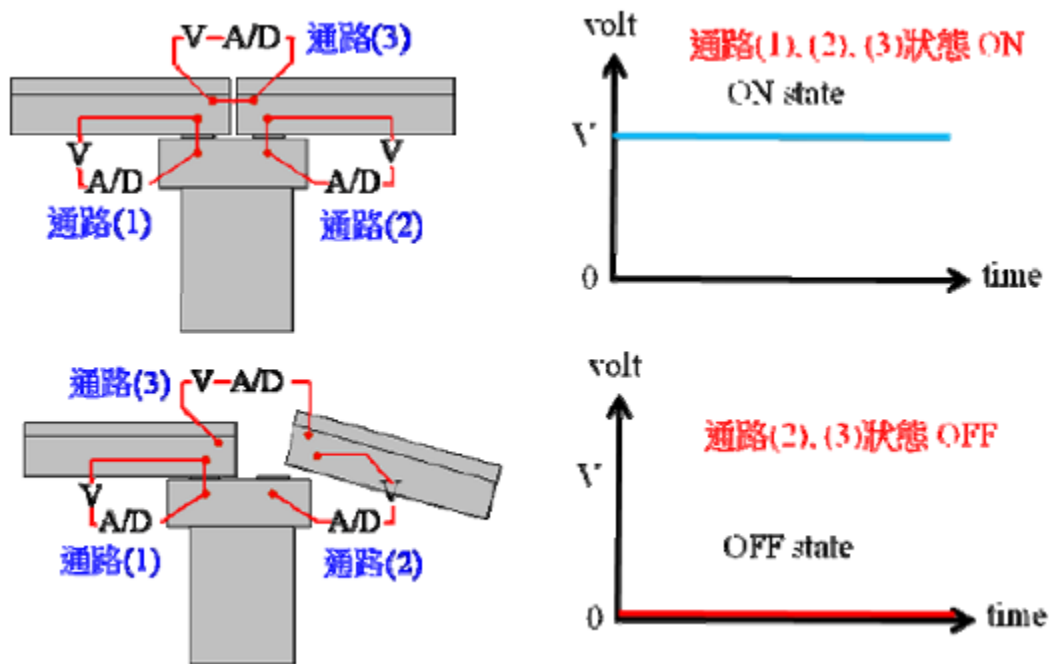
(1)斷路偵測(圓框處)



(2)傳輸天線(圓框處)

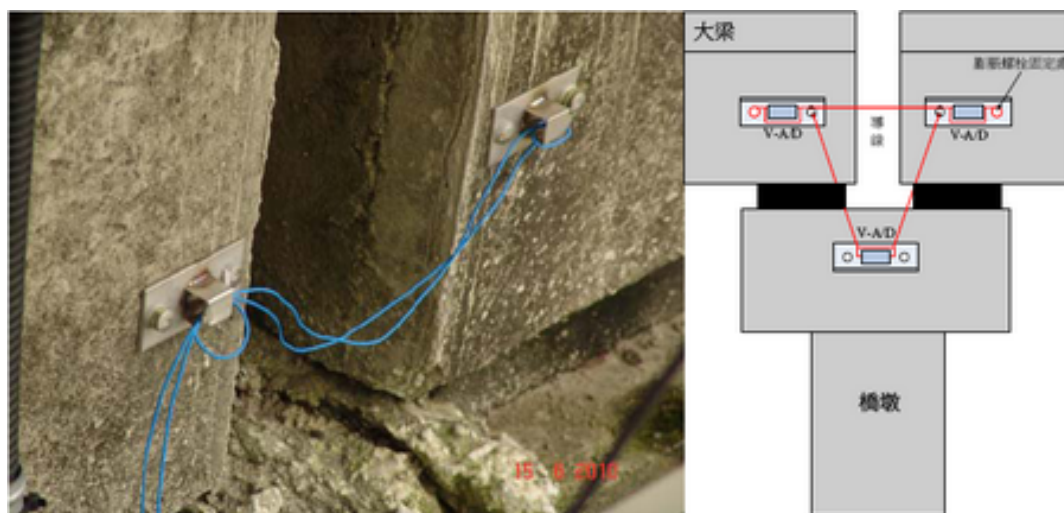
圖 2.18 新竹重點監控橋梁警示保全之監測系統





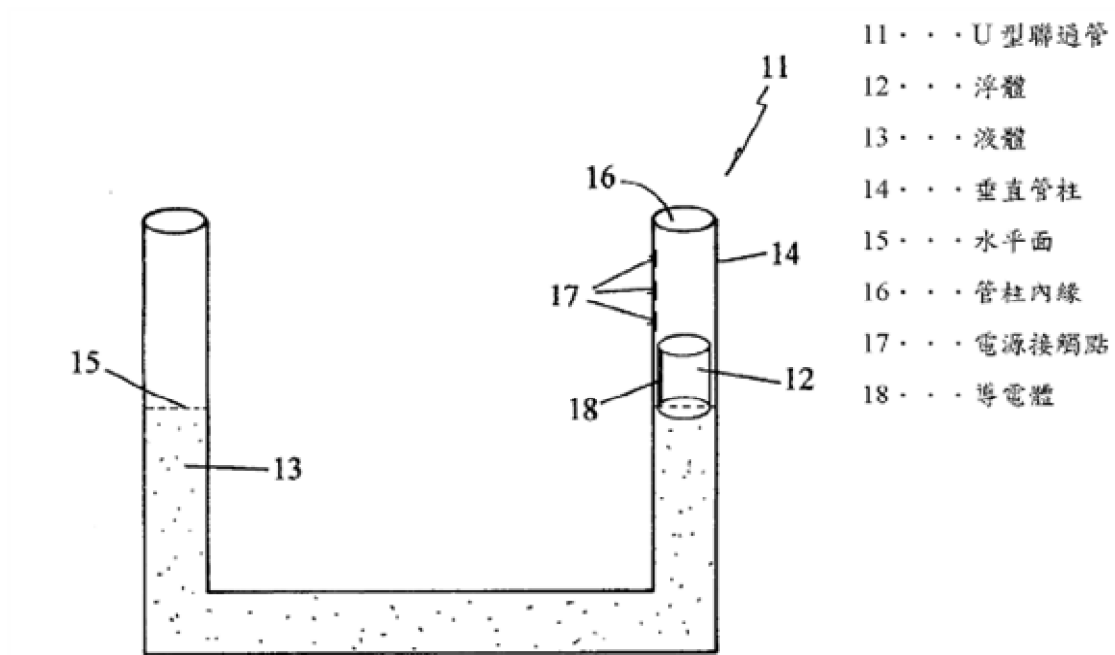
資料來源：台灣橋梁安全監測預警系統-系統整合測試報告暨操作手冊<sup>【29】</sup>

圖 2.19 橋梁與大梁間之斷裂偵測架構圖



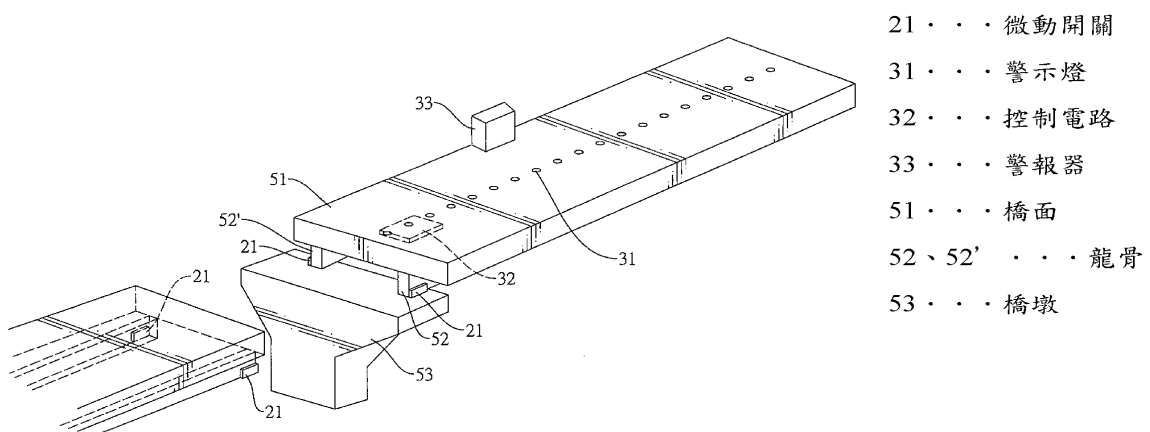
資料來源：台灣橋梁安全監測預警系統-系統整合測試報告暨操作手冊<sup>【29】</sup>

圖 2.20 橋梁與大梁間之斷裂偵測



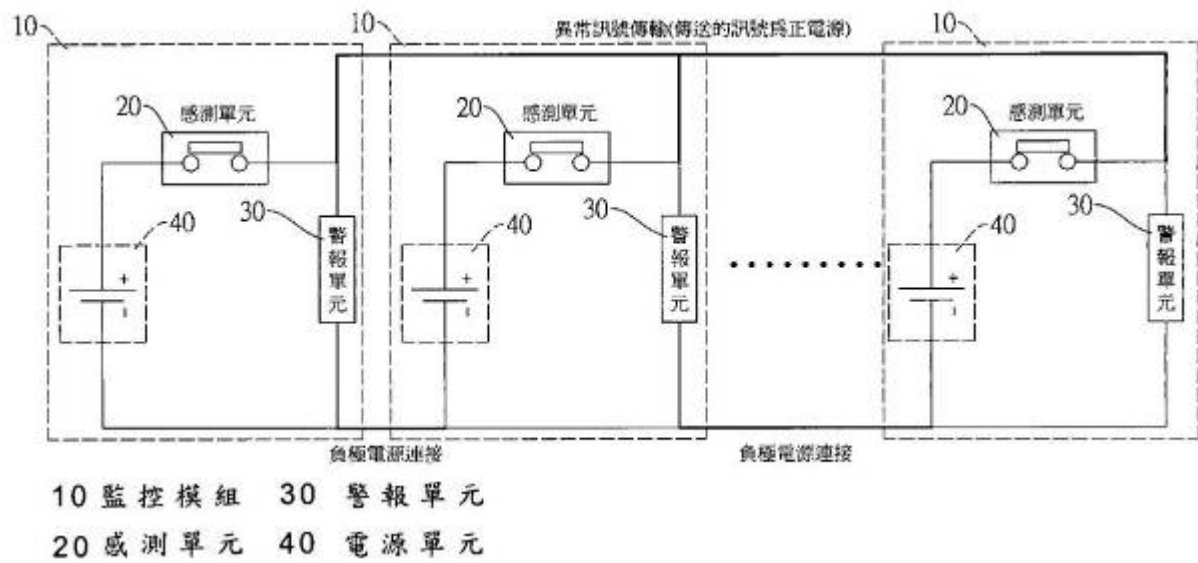
資料來源：經濟部智慧財產局 (TW M374560U1) 【32】

圖 2.21 橋梁傾斜警告裝置示意圖



資料來源：經濟部智慧財產局 (TW M400058U1) 【33】

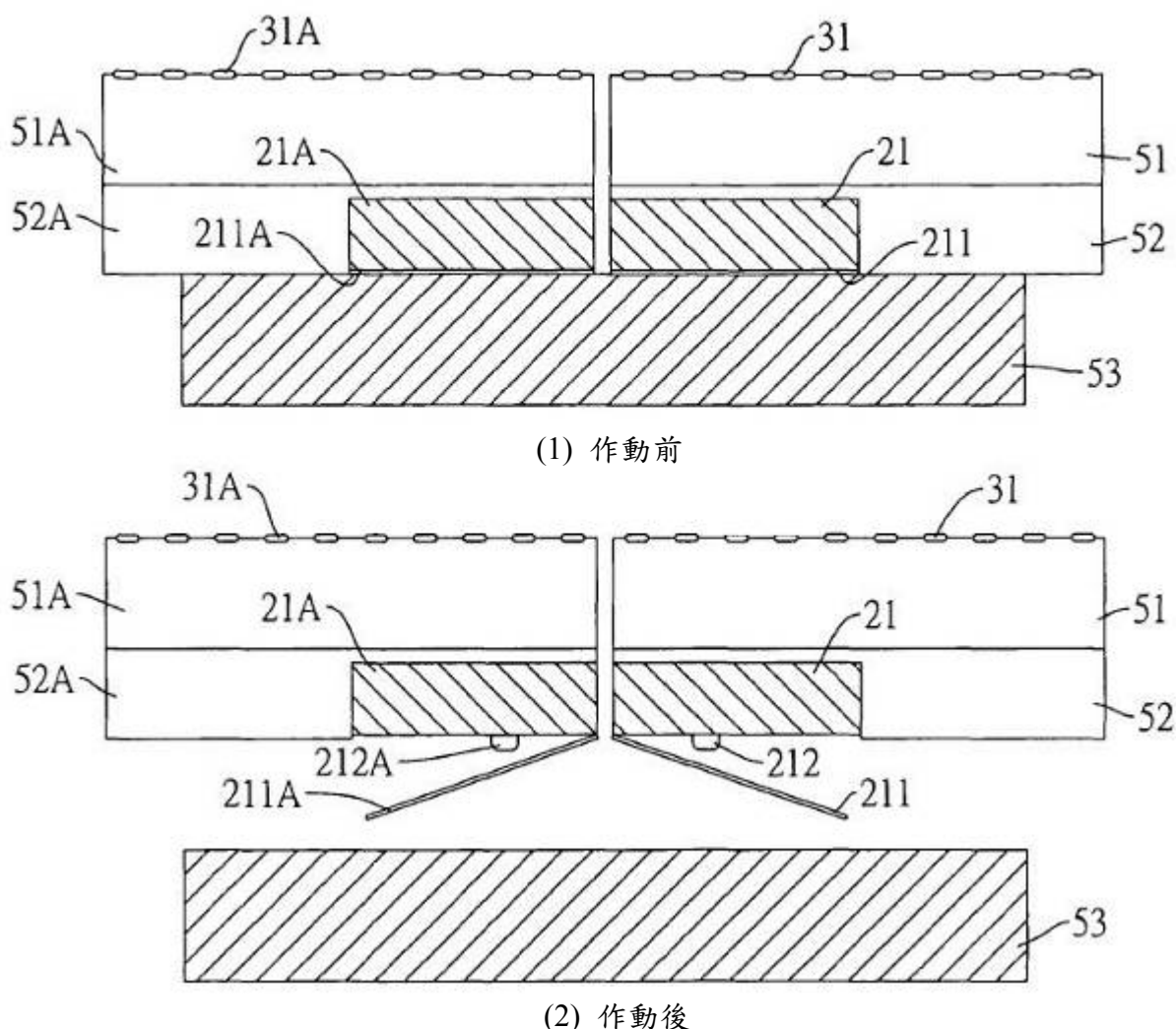
圖 2.22 斷橋警示裝置示意圖



資料來源：經濟部智慧財產局 (TW M400058U1) 【33】

圖 2.23 斷橋警示裝置監控模組示意圖

21 21A 微動開關 211 211A 簧片 212 212A 接點 31 31A 警示燈  
51 51A 橋面 52 52A 龍骨 53 橋墩



資料來源：經濟部智慧財產局 (TW M400058U1) 【33】

圖 2.24 斷橋警示裝置作動示意圖

## 2.2.2 傳輸線式破壞警示監測方法

時域反射(Time Domain Reflectometry, TDR)是一種以電磁波進行監測及探查的方法，基本原理與雷達(Radar)相似，但 TDR 是在傳輸線系統中之一維發送與接收電磁波。圖 2.25 為時域反射設備簡圖，包含階躍脈衝電壓產生器(Step Generator)、訊號取樣器(Sampler) 與示波器 (Oscilloscope)。當製波器產生電壓脈衝進入同軸纜線，再由取樣器(Sampler)記錄因同軸電纜變形損壞而造成之阻抗不連續(Impedance mismatch)所衍生之

電磁波反射訊號，透過計算電磁波速與反射來回走時(Round-trip travel time)可定位阻抗不連續位置，如圖 2. 26 所示。早期 TDR 技術為第四台纜線或電線業者檢查線路損壞位置使用，近來土木、環境等背景學者，藉由上述 TDR 波形回傳原理，將 TDR 錯動變形量測技術應用於山坡地滑動位移監測<sup>【20】：【21】：【22】：【23】</sup>，並獲得良好成效。Lin and Thaduri (2005)<sup>【24】</sup>則進一步嘗試將 TDR 置入於混凝土結構，如圖 2. 27，藉以量測結構破壞情形。類似概念由 O'Connor (2008)<sup>【25】</sup>於一般邊坡道路進行測試使用，其方法則是將 TDR 纜線平行道路並預埋於側溝結構體，如圖 2. 28 所示。當邊坡或路堤發生滑動變位時，因側溝結構體發生破裂損壞，連結之 TDR 纜線則同時受到外部環境而剪動，可提供滑動變位訊息與發生位置。由於 TDR 錯動變形量測技術具高度空間解析度並可連續性監測變位，且可遠端自動化監測等優勢，除本身可提供錯動發生位置，亦可配合其他機械式及電子式警示系統，另 TDR 其他監測技術，如水位計、雨量計、伸張計等<sup>【26】</sup>，能進一步延伸輔助橋梁整體破壞警示監測使用。

光時域反射技術(Optical Time Domain Reflectometry, OTDR)原理類似 TDR，係利用光在光纖中傳播時產生的背向散射光來獲取衰減的信息，可用於測量光纖衰減、接頭損耗、光纖故障點定位以及瞭解光纖沿長度的損耗分佈情況等，是光纖施工、維護及監測中必不可少的工具。藉由 OTDR 量測所佈設之光纖，可得到事件的位置及型態(圖 2. 29)，也就是在光纖某距離點發生了何種事件；事件的損失及反射，指出此事件所造成光能量之損耗為何。然而 OTDR 技術目前尚無完整之自動化監測應用測試，其成效尚須評估。

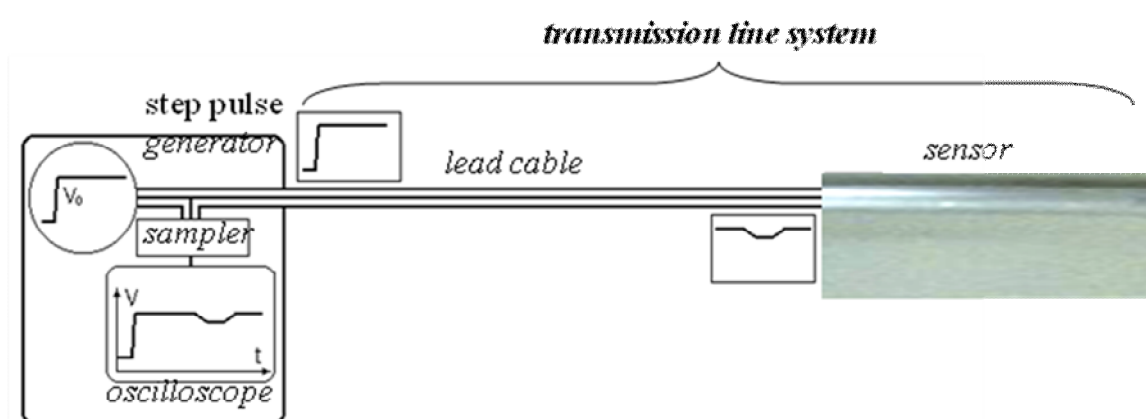
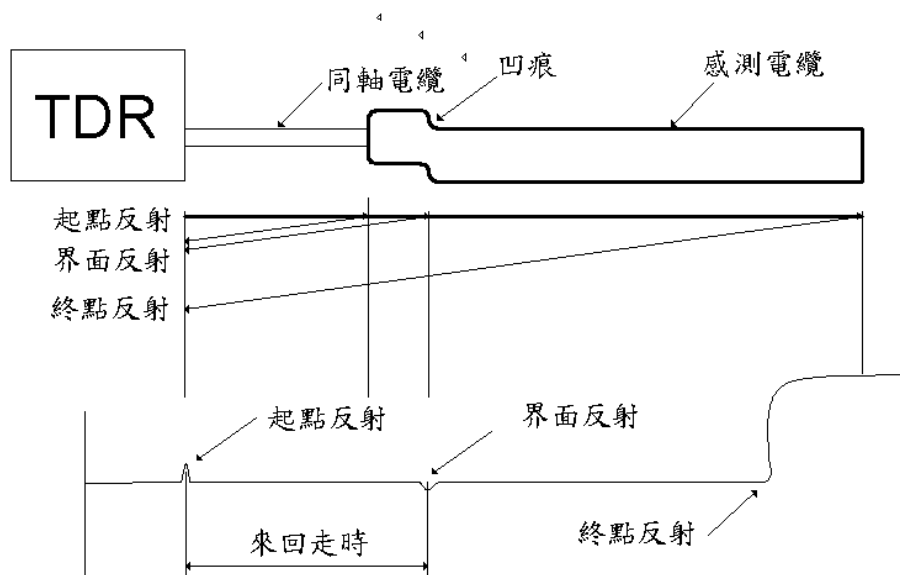
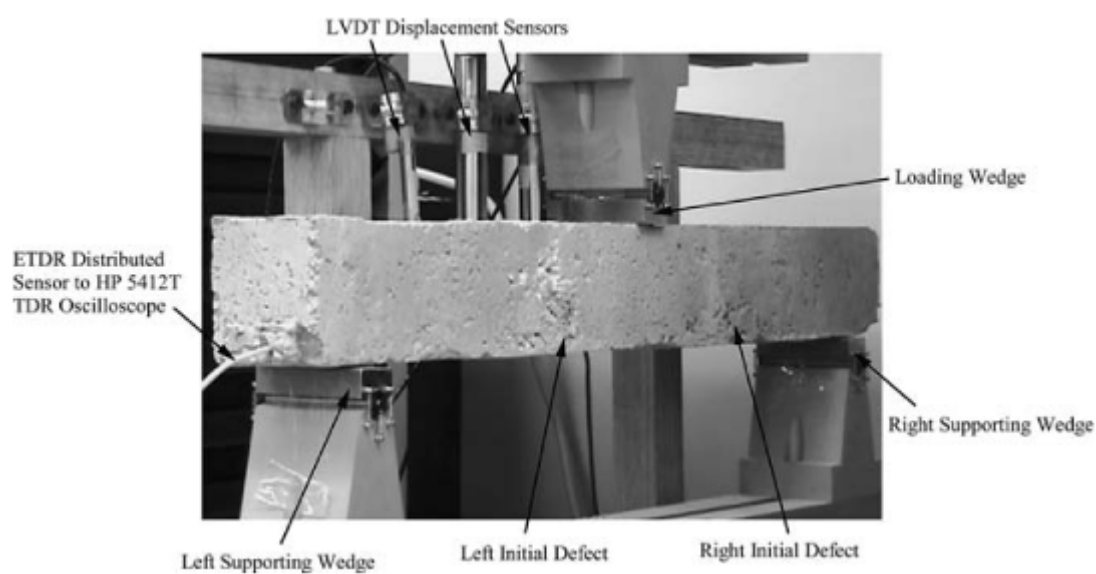


圖 2. 25 時域反射法之設備



資料來源：盧吉勇，(2003) <sup>【27】</sup>

圖 2.26 TDR 錯動變形監測之反射訊號與原理



資料來源：Lin and Thaduri, (2005) <sup>【24】</sup>

圖 2.27 TDR 纜線嵌入於混凝土結構以量測結構破壞之試驗





資料來源：O'Connor, (2008) <sup>【25】</sup>

圖 2.28 TDR 纜線嵌入於混凝土結構以量測結構破壞之試驗

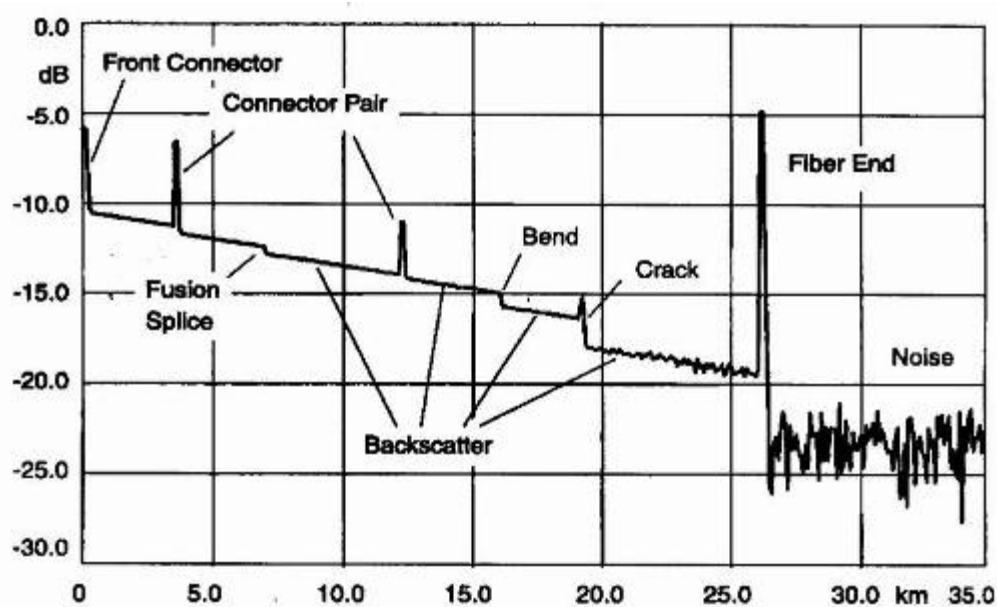


圖 2.29 典型 OTDR 擷取波形軌跡

### 2.2.3 第一代橋梁斷橋警示系統

運研所 99 年度「建置橋梁斷橋警示系統之研究」研發簡易迴路式、檢知器與時域反射技術(Time Domain Reflectometry, TDR)三種警示系統原型，此三種警示系統之系統架構主要可區分為控制器子系統、斷橋感應線路子系統及警示顯示子系統等三部分，其中警示單元採用相同的點亮模式，將警示單元之點亮模式設定為設置於橋梁左右兩側行車方向，當斷橋發生時只警示尚未通過斷橋位置之車輛，然已順利通過之車輛，則不需警示，如圖 2. 30；意即為斷橋事件發生時，第一時間只先點亮橋梁左右兩側之全體警示單元，如圖 2. 30 所示，當電源線路因斷橋扯斷時，斷橋處後方的警示單元會因電源無法流通而熄滅，如圖 2. 30 所示。此設計之意義為：依車行方向持續點亮尚未通過斷橋之警示燈，以告知尚未通過斷橋處之用路人，前方路況危險請勿繼續前行；另一方面則是希望已通過斷橋處之用路人，能加速通過，因此通過斷橋之警示燈不點亮，以避免用路人受警示燈亮起之影響而發生危險。斷橋感應線路子系統的部分則有三種方式，包括簡易迴路式、檢知器及 TDR 警示系統之斷橋感應線路子系統，其中簡易迴路式與電纜迴路式原理相同，但為了以更簡易、經濟的方式應用於重要性與規模較小的橋梁，採用無控制器的方式直接啟動警示系統，檢知器與 TDR 警示系統則分別利用感應單元化串接及電磁波雷達感應改進迴路式系統無法辨別斷橋位置之缺點，並增加誤報預防之機制。針對第一代橋梁斷橋警示系統之研發原理及需求，包含：簡單，可靠（避免錯誤警報），設置及維護成本低，易於組裝、校正及維護、使用時須承受現地惡劣天候之影響等特性，將其成果綜合整理分析如下。

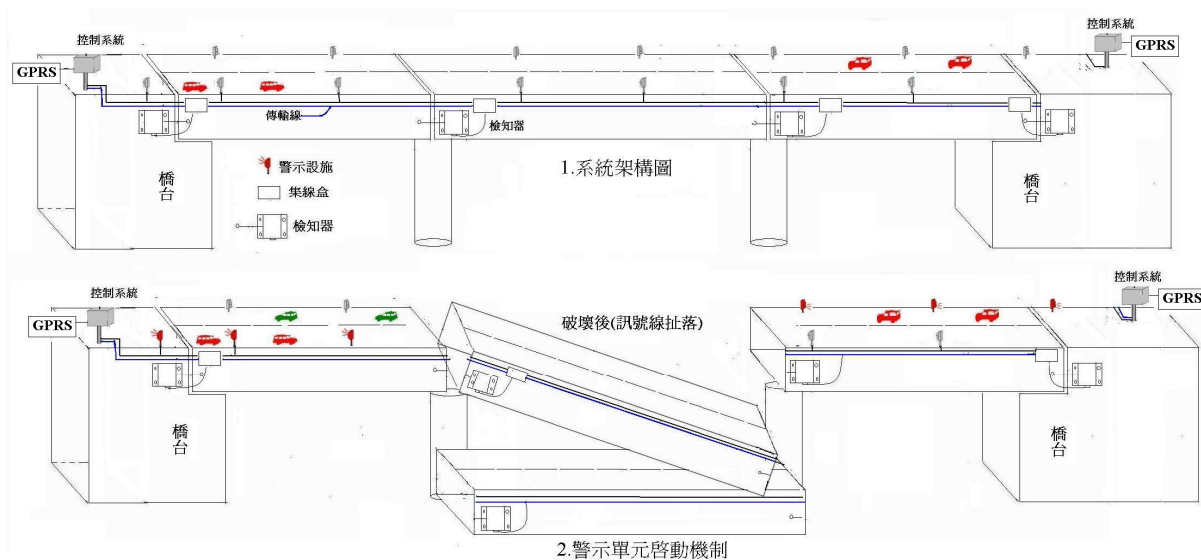


圖 2.30 警示單元啟動原則示意圖（以檢知器為例）

### 1. 簡易迴路式警示系統

- (1) 原理：此系統主要考量安裝便利、成本低及小跨徑或臨時便橋等因素所進行之研發，因此考量研發目的，故無搭配控制器系統，其斷橋感應原理係利用電線或電纜等傳輸電線，配合束制器佈設於橋梁側面板形成一封閉迴路進行監測（亦可於橋梁左右二側同時設置，進行雙向監測），如圖 2.31、圖 2.32，當橋面發生破壞時，造成電（纜）線斷裂，使其電子迴路中斷，致安裝於警示設施上之通告器(Annunciator)或繼電器(Relay)因電壓產生變化，進而啟動警示設施。
- (2) 可靠性：因系統啟動機制僅單純利用傳輸電線，形成一封閉迴路進行監測，當橋面發生破壞造成電線斷裂，即可啟動警示系統，無複雜之電子系統，故現有架構亦無誤報誤觸判釋、斷橋破壞位置顯示及相關後端系統化管理（斷橋通報、遠端監控等）等功能。
- (3) 設置及維護成本：因其為最簡易式之系統，故無相關後端管理、顯示系統等配備，僅需安裝傳輸電線（可用聚氯乙烯(PVC)管保護）或同軸纜線、警示閃燈（含電晶體或繼電器(Relay)等）、電源（太陽能或市電輔以蓄電池）及束制器(Breaker)等設備，因此具成本低之特性，但因缺乏誤報誤觸判釋、斷橋破壞位

置顯示及相關後端系統化管理（斷橋通報、遠端監控等）等功能，故建議可運用於重要性程度較低之橋梁進行安裝。

(4) 組裝、維護：系統安裝部分，亦因系統架構簡易，僅需針對線材及警示設施進行安裝，故整體而言較為簡易，但後續維護部分，則需透過人工之方式檢視其損壞之位置，以進行維修及保養。

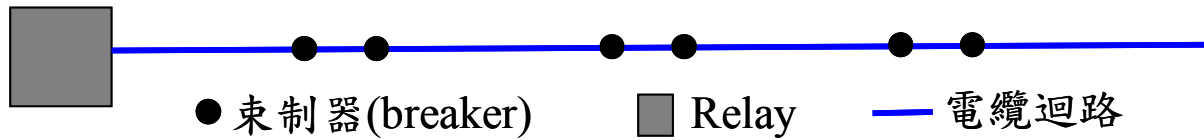
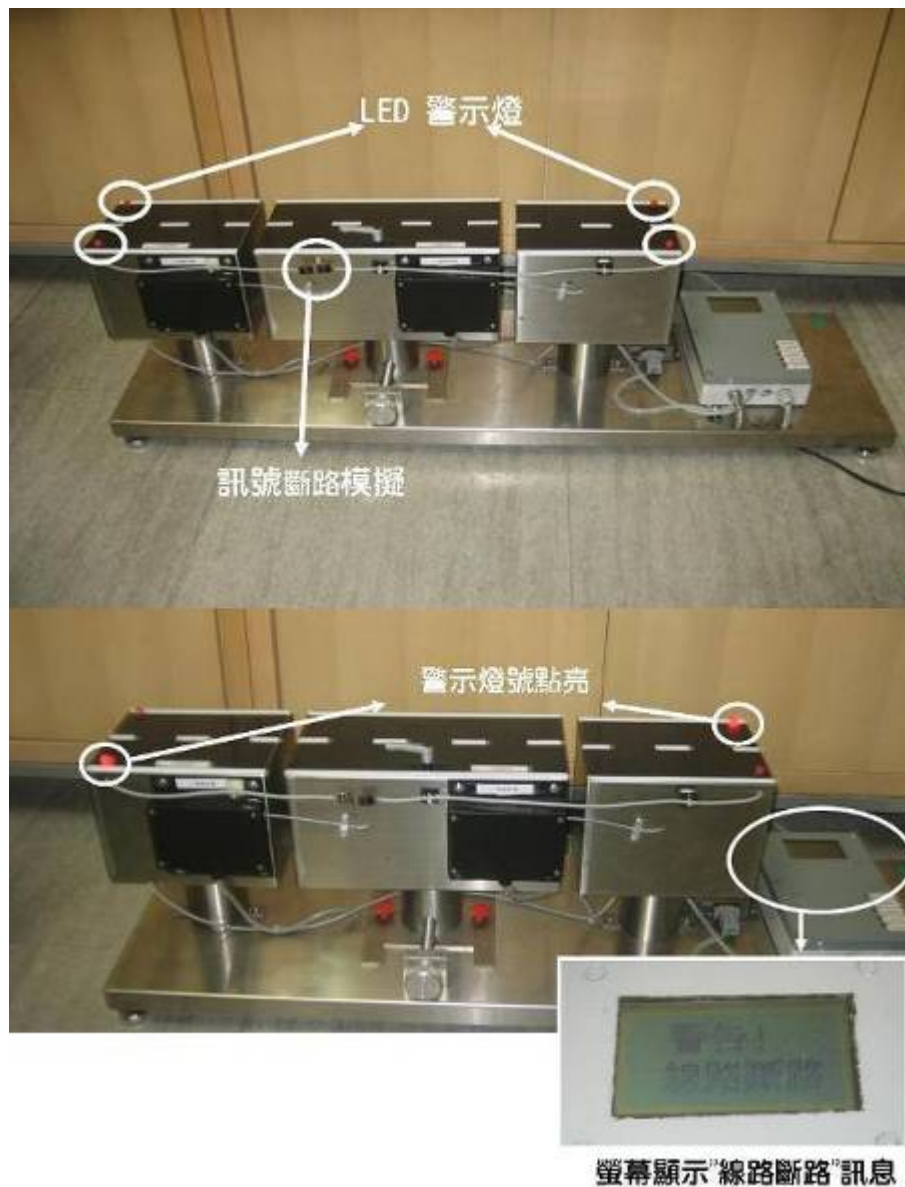


圖 2.31 簡易迴路式架構示意圖



資料來源：建置橋梁斷橋警示系統之研究<sup>[30]</sup>

圖 2.32 簡易迴路式與檢知器警示系統原型

## 2.檢知器警示系統

- (1) 原理：此系統係參考河川土石流鋼索拉斷檢知器原理進行研發與改良，基於橋梁破壞監測方法（迴路式）之上，另行設計適用於可同時橋梁、邊坡的拉斷檢知器，如圖 2.33 所示，其功能涵蓋前後錯動與左右拉伸兩大部分。檢知器安裝方式係以連續串聯方式裝置於橋梁伸縮縫處（無特定安裝方向，可水平、垂直安裝或二者並行，故除伸縮縫外，亦可裝設於橋側面板與橋墩之接縫處），如圖 2.34、圖 2.35，利用壓降來辨別作動之檢知器位置。其檢知器內含拉伸偵測裝置，當橋面板水平或垂直位移量超過橋梁設計之最大安全容許值時（此最大安全容許值係指各橋梁設計之伸縮縫伸縮空間、防落橋裝置範圍或原訂設計最大安全伸張寬度），則會觸發檢知器，並連動現場 LED 警告標誌警告用路人，同時以手機之整合封包無線電服務(General Packet Radio Service, GPRS)無線傳輸方式將訊息回傳管理中心，並自動以手機簡訊（事先於系統中輸入所需發送之人員手機號碼即可）通報值班管理人員，使管理人員可於遠端得知橋梁現況，其機制如圖 2.36。
- (2) 可靠性：此系統運用檢知器之拉伸觸發及斷線偵測等雙重機制，不僅可判斷斷橋事件發生，且可提供橋梁破壞位置及誤觸誤報判釋，降低誤報機率，提高系統可靠性。另檢知器本身拉伸啟動機制之部分，為減少外來因素造成拉伸誤報，故經過測試後，此一拉伸開關設定需大於 40 公斤重施力才能作動。而由現地測試結果可知，如圖 2.37，警示系統於常時狀態下每 5 分鐘便會主動發送訊息，確認系統運作情形，且斷橋事件發生後，檢知器警示系統（LED 及蜂鳴器等）便即時啟動，提供用路人警示，現場控制器亦顯示檢知器啟動位置及原因，並將檢知器作動訊號傳回控制中心，使遠端管理單位同步獲得現場橋梁破壞資訊。綜合整體現地試驗成果而言，目前所研發之檢知器警示系統已可於橋梁發生破壞時，即時啟動警示系統，達到警示之功效，並顯示啟動之位置及原因，具有高度之可靠性。

- (3) 設置及維護成本：檢知器警示系統除安裝檢知器與警示設施外，仍需現場率定各檢知器對應之壓降大小及設置相關後端管理、顯示等系統，故其成本較簡易式迴路系統高，且系統複雜性較高，因此建議此系統安裝於重要性較高之橋梁。
- (4) 組裝、維護：關於系統功能平時運作維護部分，因拉伸計部分為磁簧式設計，故相關橋梁檢測、維護人員可利用強力磁鐵進行測試，了解其功能是否仍正常運作。



資料來源：建置橋梁斷橋警示系統之研究<sup>[30]</sup>

圖 2.33 拉斷檢知器原型（高 132mm，寬 124mm，厚 25mm）

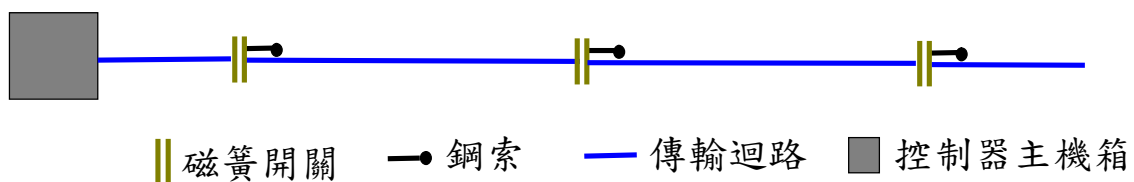
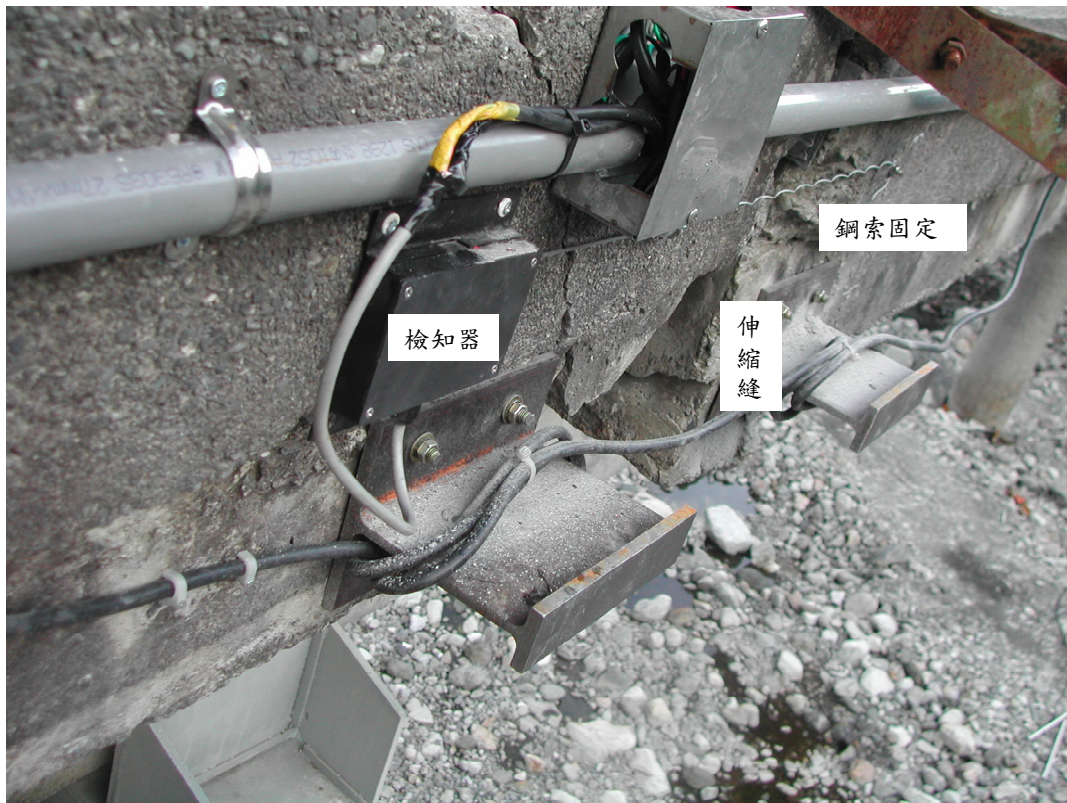


圖 2.34 檢知器架構示意圖





資料來源：建置橋梁斷橋警示系統之研究<sup>【30】</sup>

圖 2.35 檢知器安裝示意圖（安裝於橋側面板伸縮縫兩側）

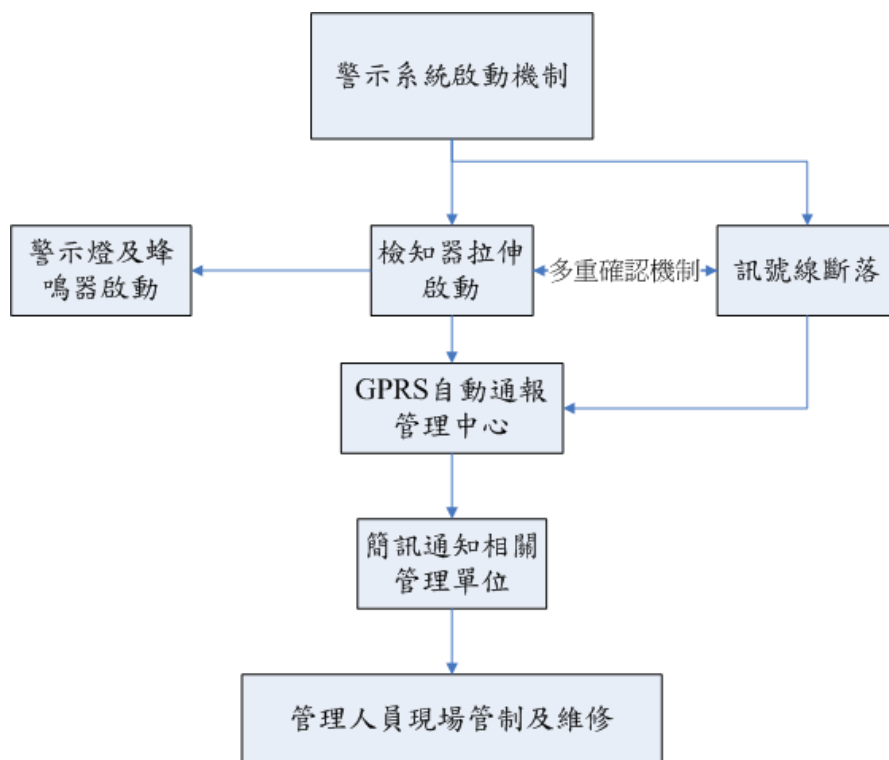


圖 2.36 斷橋警示系統啟動機制



(1).拆橋



(2) 檢知鋼索扯落



(3) 警示系統啟動



(4) 控制器顯示橋梁狀態

圖 2.37 檢知器警示系統現地測試結果

### 3.TDR 警示系統

(1) 原理：其原理主要係將纜線(cable)佈設於橋梁側面板，利用 TDR 發射一電壓脈衝送至纜線下方，至纜線底部反射回來，如圖 2.38、圖 2.39，而其間所遭遇受剪、受張等情況使同軸纜線產生缺陷(幾何形狀之改變)，便輸出於示波器上，藉此得知剪動位置及剪動量變化。

(2) 可靠性：因系統啟動機制僅單純透過電纜線，佈設於橋梁側面板進行監測，當橋面發生破壞造成纜線變化時，即可啟動警示系統並顯示破壞位置，且由現地測試結果可知，如圖 2.40，TDR 主機於橋梁斷橋時亦量測到纜線剪斷訊號，顯示束制器可成功強制纜線斷裂，並明確掌握橋梁破壞位置，顯示具有高度之可靠性



- (3) 設置及維護成本：其設置方式與簡易迴路式之系統相似，但因需搭配 TDR 主機進行量測，故礙於目前 TDR 主機之費用，其設置成本通常較簡易迴路式及檢知器警示系統高。
- (4) 組裝、維護：系統安裝部分，亦因系統架構簡易類似簡易迴路似系統，僅需針對線材、警示設施及 TDR 主機進行安裝，故整體而言較為便利，後續維護時可直接透過 TDR 主機得知纜線損壞之位置，進行維護及保養，

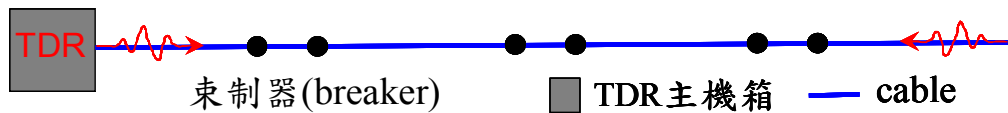
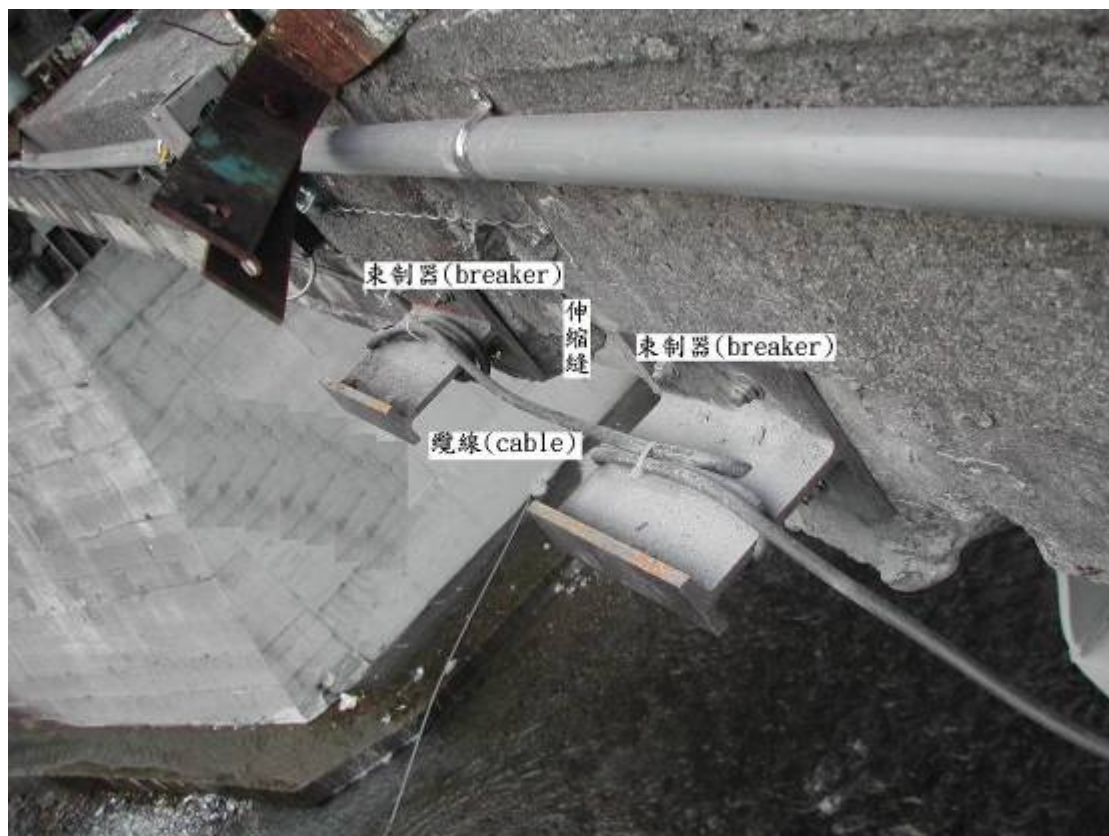


圖 2.38 TDR 架構示意圖



資料來源：建置橋梁斷橋警示系統之研究<sup>[30]</sup>

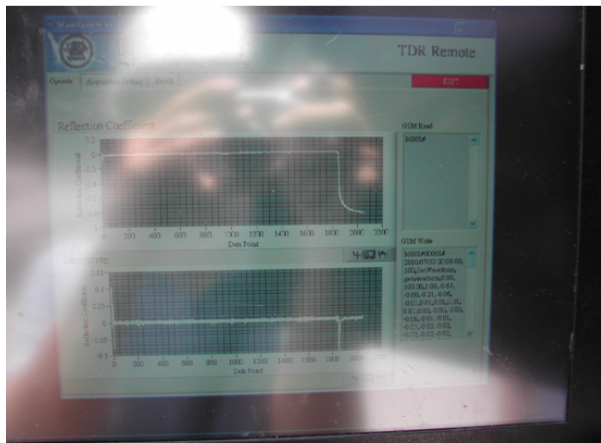
圖 2.39 實際纜線與束制器(Breaker)佈設示意圖



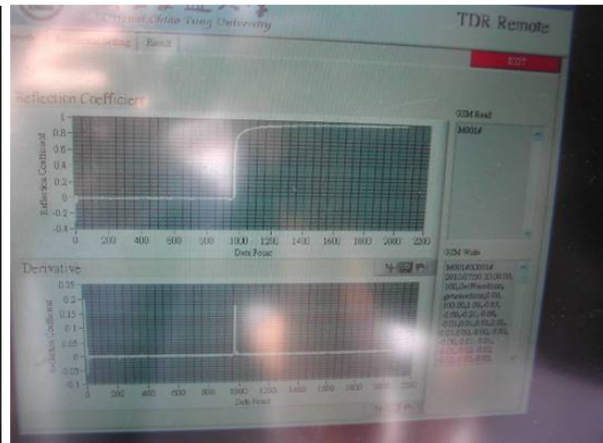
(1) 拆橋



(2) 纜線扯斷



(3) 第三跨斷裂波形



(4) 第二跨斷裂波形

圖 2.40 TDR 警示系統現地試驗

## 2.3 問題探討與綜合評析

回顧前述之機械式及電子式警示系統，將各項方法比較如表 2-1 所列。目前國外採用之迴路式警示系統雖已有完整之製作概念與產品，然而實際成品於本土環境之使用性、完整度、用電量以及後續維護，尚無一套標準之測試與驗證。此外多數現有之迴路系統，並無誤報預防機制（例如無法分辨落橋與斷線）、且無法提供損壞位置資訊，維護不易。因此確有需要透過研究，選擇或改善此一警示系統，以提供更為簡單、可靠、設置及維護成本低、經濟、易於組裝、校正及維護等特性之橋梁斷橋警示系統。此外回顧新式傳輸線技術，包含 TDR 以及 OTDR 兩種方法，OTDR 主機目前價位較為昂貴，主要為檢測工具（非觸發式），尚未有戶外長時間連續監測案例，光源與系統設備戶外

長時間耐久性待驗證。因此本研究也建議採用搭配新型 TDR 傳輸線式技術之相關優勢，除能輔以基本破壞監測使用，額外可提供斷橋之準確位置資訊，且透過 TDR 多功能之特色，未來之 TDR 整體橋梁監測系統建置與應用，更是值得期待。

基於過去文獻之評析，本研究賡續採用具有高穩定性及可靠度之迴路式設計方式，並延續運研所 99 年度「建置橋梁斷橋警示系統之研究」研究成果，將其簡易迴路式、檢知器與時域反射技術(Time Domain Reflectometry, TDR)三種警示系統原型進行改良與精進，以研發更具有簡單、可靠、經濟、易操作維修等特性之橋梁斷橋警示系統，期在橋梁斷橋發生時提供用路人及養護單位即時之資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷。

表2-1 各項斷橋警示系統功能性比較表

斷橋警示系統	操作原理	優點	限制
1889 年機械式	利用基本機械開關，告知用路人橋面開啟	低電耗、破壞發生時即時反應、穩定性佳	不易安裝、後續維護校正不易、不適合全面佈設
1953 年機械曲軸式偵測	將裝置架設於樁帽上，當樁帽有相對位移時，則發送警報	低電耗、破壞發生時即時反應、穩定性佳	不易安裝、後續維護校正不易、不適合全面佈設
1917 年電子式開道偵測	使用一電子開道之迴路系統，開道開啟後即警示	破壞發生時可即時反應、穩定性佳	不易安裝、耐久性差、後續維護校正不易、不適合全面佈設
1954 年電子式偏移偵測	利用擺垂原理，當橋面偏移使擺垂與外環接觸，即警示	破壞發生時可即時反應、穩定性佳	不易安裝、耐久性差、後續維護校正不易、不適合全面佈設
1970 年機械式檢知器	利用一對可回彈之探管，當橋面位移使固定管線鬆拖時，則探管回彈並可作警示符號	破壞發生時可即時反應、穩定性佳	不易安裝、耐久性不佳、後續維護校正不易
1995 年電纜迴路式	用電纜環繞橋梁兩側成一迴路，當纜線斷裂，則警示	低電耗、破壞發生可即時反應、易安裝	後續維護校正不易、無誤觸誤報判釋、難立即掌握破壞位置
2005 年光纖迴路式	改善光纖纜線裝置方法，避免橋面版已大幅位置，而光纖因滑動而無明顯損壞現象	破壞發生時可即時反應	後續維護校正不易、且無誤觸誤報判釋、亦無法立即掌握破壞位置
2010 年迴路式與傾斜計偵測	利用斷路器監控各監測區段的橋面狀況，若有兩組以上之斷路器啟動，則警示，另使用雙軸向傾斜計，量測橋墩朝車行方向及垂直於車行方向的傾斜值，當超過警戒門檻值時，即警示。	安裝施工便利，且具雙重確認機制，破壞發生時可即時反應，可掌握明確破壞位置。	系統藉由無線(Zigbee)之方式進行傳遞，如於汛期或惡劣環境期間，可能影響訊號傳送、接送之品質，長期穩定性堪虞；且系統複雜度與耗電量高，後續維護不易。

2010 年橋梁傾斜警告裝置	使用 U 型聯通管及一浮體組成，當橋梁發生傾斜狀態時，浮體上升至設定高度時，接觸垂直管柱內緣之數電源接觸點而接通警報器。	可監測橋梁傾斜	無實際安裝測試成效，系統仍有許多不確定性，另浮體直徑如與 U 型聯通管差異不大可能造成系統故障或因液體蒸發，造成系統失效。
2011 年斷橋警示裝置	利用一個以上互相並聯之監控模組進行監測，每一監測模組包含一感測單位（如微動開關）、一警報單元及一電源單元。當橋面傾斜或斷裂時，造成感測單元作動，即啟動警報元	可提供橋梁斷橋之監測	微動開關作用靈敏，其安全及啟動距離不易掌握，且簧片可能因長期受壓而彈性疲乏形成誤報或不報，另簧片於戶外長期安裝易產生銅綠造成導電性降低，系統安裝檢測不易，後續維護不便，難以全面性適用。
2011 年簡易迴路式	利用電線或電纜等傳輸電線，配合束制器佈設於橋梁側面板形成一封閉迴路進行監測，當纜線斷裂，則警示	穩定性佳、易於安裝及維護效正、低電耗、低成本、破壞發生可即時反應	無誤觸誤報判釋、難立即掌握破壞位置
2011 年檢知器系統	檢知器以連續串聯方式裝置於橋梁伸縮縫處，當橋面板位移量超過橋梁設計之最大安全容許值時，則啟動警示	低電耗、穩定性佳、可靠度高、可立即掌握明確破壞位置、破壞發生可即時反應、具誤觸誤報預防機制	線路施工較為繁瑣、複雜，需由專業電子人員協助率定各檢知器及設定主機控制器等。
2011 年 時域反射（雷達式警示系統）(TDR)	利用 TDR 發射一電壓脈衝送至纜線，藉由反射訊號了解纜線剪動位置。	穩定性佳、易於安裝及維護效正、可立即掌握明確破壞位置、具誤觸誤報預防機制	破壞發生時，因頻率接收問題，無法即時反應



## 第三章 警示系統改善方式及功能架構

### 3.1 第一代橋梁斷橋警示系統之檢討

運研所 99 年度「建置橋梁斷橋警示系統之研究」研發之橋梁斷橋警示系統（以下簡稱第一代橋梁斷橋警示系統）主要考量為系統可靠度，以零誤報為目標，並於現地透過實際拆橋驗證警示系統，但在系統之簡易化與模組化仍有改良空間，以符合本計畫之需求及未來實務使用推廣。茲將三種警示系統之主要限制整理如下：

#### 1. 簡易迴路式警示系統

因簡易迴路式採用無控制器系統，且其架構純粹為迴路破壞即警示，故於目前系統架構下，無法分辨線路破壞原因，無誤報與誤觸預防機制、亦無相關後端系統化管理等功能，因此於斷橋發生時，無法立即掌握明確破壞位置，且遠端管理者也無法立即得知橋梁即時情況。另警示系統之啟動需藉由通告器(Annunciator)或繼電器(Relay)等感應器來感應電壓之變化，以便於線路斷線造成電壓改變時能啟動警示設施，然此作業需相關專業人員（如有執照之水電人員等）協助進行設定及維護。

#### 2. 檢知器警示系統

檢知器警示系統其檢知器定位部分，係採用壓降方式來量測不同檢知器位置之電阻，以做為判斷其位置之依據，故其線路施工較為繁瑣、複雜，且安裝完成後亦需由專業電子人員協助率定各檢知器對應之壓降大小及設定主機控制器及相關控制線路等，以確保系統運作正常。此外，該系統所需之檢知器、接線方式、束制器等元件可再做更良好的封裝方式及模組化。

#### 3. TDR 警示系統

TDR 警示系統於測試結果發現，主機系統部分於斷橋發生後，其分析至警示啟動過程中，目前約有 3~5 秒之延遲時間（依 TDR 主機系統等級而不同），而 TDR 主機安裝、及相關參數設定與資料分析等，皆需搭配專業人員協助安裝設定，故其技術門檻及成本皆較高。



表 3-1 第一代斷橋警示系統之優缺分析表

警示系統	優點	缺點
簡易迴路式 警示系統	穩定性佳、易於安裝及維護效 正、低電耗、低成本、破壞發生 可即時反應	無誤觸誤報判釋、無法立即掌握破 壞位置、無後端系統化管理功能
檢知器警示 系統	低電耗、穩定性佳、可靠度高、 可分辨斷橋觸發與斷線，可立即 掌握明確破壞位置、破壞發生可 即時反應、具誤觸誤報預防機制	線路組裝施工較為繁瑣、複雜，需 由專業電子人員協助率定各檢知器 及設定主機控制器等。
TDR 警示 系統	穩定性佳、易於安裝及維護效 正、可立即掌握明確破壞位置、 具誤觸誤報預防機制	破壞發生時，因頻率接收問題，無 法即時反應，且技術門檻與成本皆 較高

### 3.2 橋梁斷橋警示系統精進、改善

本研究針對第一代橋梁斷橋警示系統的研發成果，並考量改善後之系統需更能符合實務單位使用之需求，本研究除維持或提升系統原有之可靠度外，並針對使用與維護簡易性進行精進與改良，改善之項目與方式如表 3- 2 至表 3- 4 所示。檢知器部分主要係使檢知器警示系統能完整達到今年計畫之目標，透過改善定位方式達到簡易安裝隨插即用，並增加檢知鋼索數目提供使用之彈性及多向性，及檢知器模組、密封化等方式進行改善；簡易迴路式部分仍以規模小、重要性較低或預算較少等便道、小橋為主要應用標的，研究以提升可靠度及經濟性為主，維持無控制器設計，但新增簡訊發送器功能，以及時通知管理單位，並採用市面普及之繼電器，以降低安裝複雜度；TDR 斷橋監測系統則透過不同主機之型式解決時間延遲之問題，惟其電路規格較高，可做為未來以 TDR 為核心之整合性橋梁監測系統。相關修正與改良對策分述如下：

#### 1. 簡易迴路式

- (1) 可靠度：簡易迴路式主要係安裝於重要性程度較低，短跨徑之橋梁，故原則上係直接以傳輸電線安裝於橋梁側面板形成迴路，進行監測（可視需求進行橋梁單側



或兩側安設)，另為了提升可靠度，建議可額外再增設一組檢測迴路，即利用二組迴路進行斷橋監測，且需二組迴路皆破壞才啟動警報系統，如圖 3.1。纜線誤觸之部分，可藉由增設聚氯乙烯(PVC)管保護纜線，進而減少誤觸之情況發生；因經濟性及安裝便利性考量，本系統維持無控制器之設計，但可視現地狀況額外搭配簡易簡訊發報器，俾利將訊息回傳通知管理單位。

- (2) 耐久度：因整體系統架構較為簡易，且儀器設備皆為市面上使用已久之產品，故具有一定之耐久度，後續可配合主辦單位指定之橋梁或依相關公路管理機關之需求，直接於現地進行安裝測試。
- (3) 組裝及維護簡易化：為利現地施工人員之安裝，警示設施控制之部分可以傳統繼電器做為現地警示訊號啟動裝置，如圖 3.2，以減少技術之困難度。

表3-2 簡易迴路式警示系統改善要點

改善項目	第一代橋梁斷橋警示系統	第二代系統	改善成效
藉由雙迴路監測，提高系統可靠度	僅利用單一迴路進行斷橋監測。	增設一組檢測迴路，即利用二組迴路進行斷橋監測，且需二組迴路皆破壞才啟動警報系統。	降低誤報機率，提升可靠度。
增加組裝及維護簡易性	採用較複雜之電路板進行控制。	改為傳統繼電器控制	改用傳統繼電器可減少安裝技術之複雜性，提升組裝之簡易性，且因無複雜之電路設計，故可增加維護之便利性。
增加系統通報功能	無	搭配簡易簡訊發報器	可透過簡訊發送使管理人員能立即得知橋梁現況，進行管理、維護

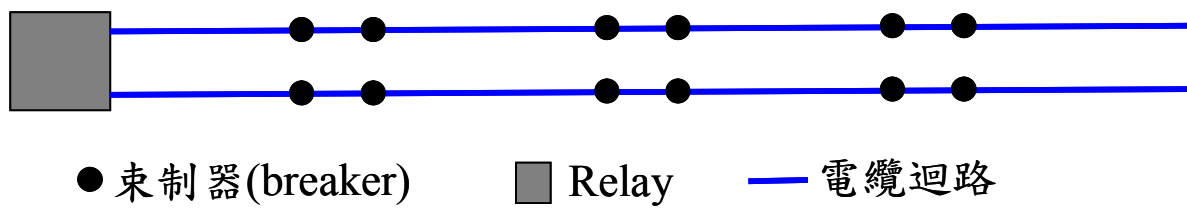


圖 3.1 簡易迴路式警示系統架構改善示意圖

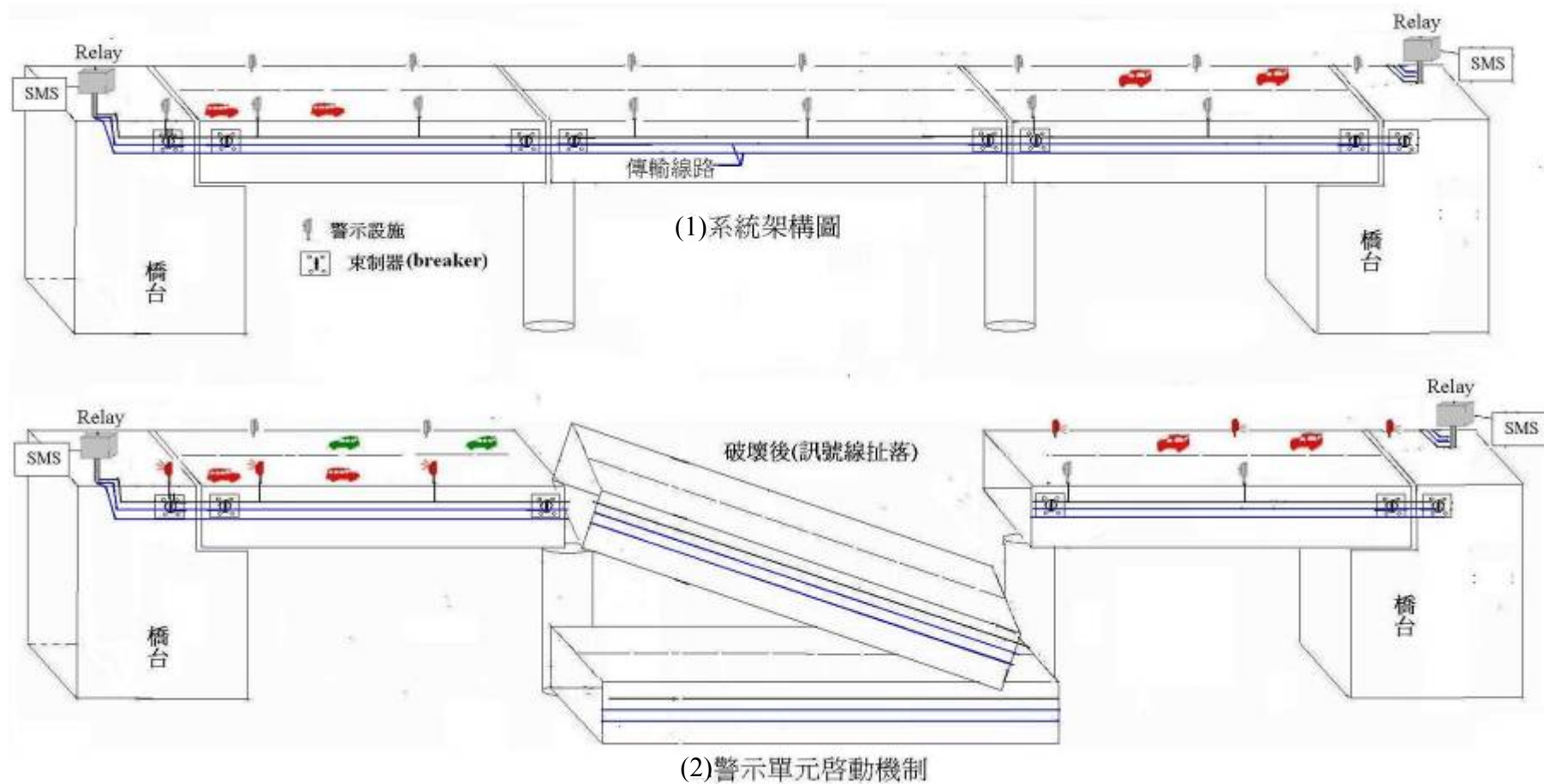


圖 3.2 簡易迴路式警示系統架構及警示單元啟動示意圖

## 2.檢知器

檢知器警示系統主要之問題為系統安裝步驟繁瑣、設置過於耗時，故目前主要針對此一部分提出下列改善之方法

### (1) 感應線路系統改進與模組化

承接去年度研發成果，檢知器警示系統架構如圖3.4所示。本計畫則擬訂持續進行整體系統模組化，包含檢知器、控制器、傳輸模組、警示模組，以提高系統可靠度，簡化安裝流程，減少現場維護所需時間。

其中檢知器部分係將接頭規格化及模組化，減少現場繁瑣接線之步驟，增加可靠度，線路改採用RS485傳輸達到隨插即用，無須現場率定不同檢知器對應之壓降大小，如圖3.5與圖3.6，並改善現場安裝方式，將檢知器之固定背板與檢知器本身分開，即施工時僅需鎖固背板，檢知器可另行扣掛於背板，增加日後維護、更換及保養等便利性，減少安裝時間。另針對不同應用地點，偵測對象，改良檢知器，將其鋼索利用強力磁鐵改為外接式（以便於各方向進行監測），並增加至少兩組鋼索拉伸裝置，如圖3.3，使其應用上更加彈性，增加檢知器的可利用性，亦可使檢知器本身無任何開孔，增加其耐久性；控制器之部分，則先於工廠進行組裝、設定，並將程式模組化與直覺化，於現場安裝時便可直接接線使用，毋須進行複雜設定，減少現地安裝之步驟。

### (2) 警示模組研擬及改良

警示模組改良之部分，考量99年度專家學者座談會議意見及教育訓練等來自不同使用單位的回饋，因此本研究除了此次於橋頭所設置之大型LED警報牌面外，其餘如橋梁中央部分，研擬不同形式警示設施號誌（如閃紅燈、閃黃燈或特種警示閃燈等）項目，並於本研究之專家學者座談會時進行討論，以提供未來使用單位之參考，此部分的研究將一併考量建置成本、效果、用路人的觀感、可視性與警示性等因素以達到最大的警示效果。

### (3) 系統可擴充性：

另為了因應環境氣候變遷，本系統新增雨量、水位等監測功能之擴充性，另

亦保留柵欄機阻斷之功能（由於電力啟動以及相關備載，此功能須與現場警示設施分開獨立系統控制），未來可配合使用單位需求，建立一綜合型之監測系統，搭配水位、傾斜、雨量及柵欄封橋等擴充功能，形成整合性之防災監測系統，以便於災害發生時，同步獲得各項監測資料。

表3-3 檢知器警示系統改善要點

改善項目	第一代橋梁 斷橋警示系統	第二代橋梁 斷橋警示系統	改善成效
增加系統可靠度並提供預警監測	檢知器鋼索由檢知器內部延伸而出，透過檢知器內部之簧片固定，且僅有單一鋼索。	將鋼索利用強力磁鐵改為外接式，並增加至少兩組鋼索拉伸裝置，並將系統模組化、規格化。	檢知器需二組鋼索皆拉斷才進行警報，故可降低誤報，提高可靠度，同時第 1 條檢知鋼索亦可作為預警之用。另將系統模組化，以減少人為安裝錯誤。
提供檢知器監測之贅餘性/彈性	僅有單一檢知器鋼索	將檢知器鋼索增加至兩組	檢知器可同時監測水平方向與垂直方向，增加應用之彈性；且因鋼索為外接式，故亦可依使用單位之需求，進行各方向之監測，提高檢知器可利用性。
降低現地安裝技術，提供隨插即用之功能	採用較複雜之壓降定位方式，且需配合控制器進行現場定位。	線路改採用 RS485 傳輸。	線路改採用 RS485 傳輸可達到隨插即用，無須現場率定不同檢知器對應之壓降大小，增加組裝之便利性。
將系統模組化與密封化，以提高系統耐久度	為使鋼索及相關線路延伸出檢知器，故檢知器需開孔	檢知器採密封化，無任何開孔，並接頭規格化、模組化	因系統採密封化與模組化，故可增加其耐久性

表 3-3 檢知器警示系統改善要點（續）

改善項目	第一代橋梁 斷橋警示系統	第二代橋梁 斷橋警示系統	改善成效
將系統規格化與模組化，提升組裝及維護簡易性	檢知器無背板設計，且線路需現場人工配線、搭接；另需現場設定系統控制器。	將檢知器接頭規格化及模組化，同時將檢知器固定背板與檢知器本身分開；另控制器之部分，則先於工廠進行組裝、設定，並將程式模組化與直覺化。	檢知器接頭規格化及模組化，可減少現場繁瑣接線之步驟；另將檢知器之固定背板與檢知器本身分開，可增加日後維護、更換及保養等便利性；而控制器先於工廠進行組裝、設定，則可於現場安裝時便可直接接線使用，毋須進行複雜設定，減少現地安裝之步驟。
增加系統可擴充性	可額外加裝柵欄機。	新增雨量、水位等監測功能之擴充性，另亦保留柵欄機阻斷之功能。	未來可配合使用單位需求，建立一綜合型之監測系統，搭配水位、傾斜、雨量及柵欄封橋等擴充功能，形成整合性之防災監測系統。

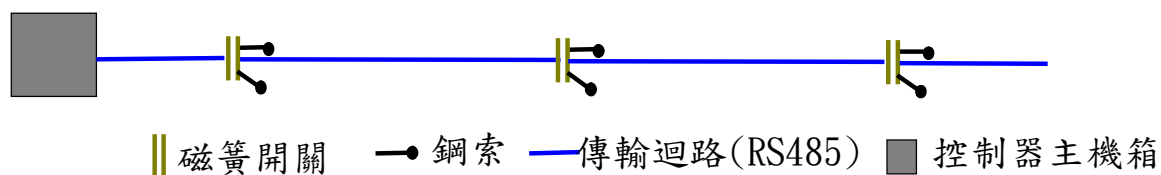


圖 3.3 檢知器警示系統架構改善示意圖

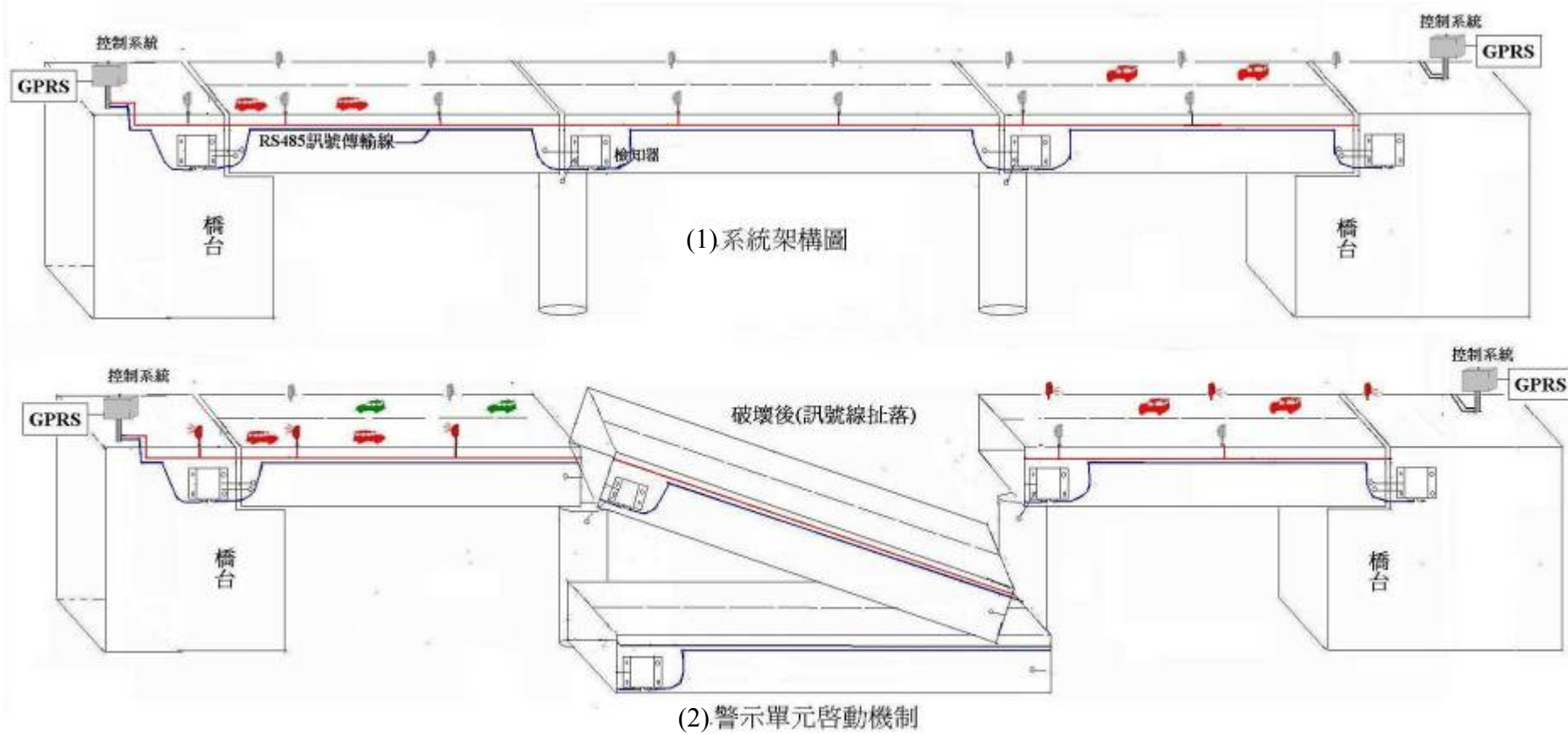


圖 3.4 檢知器架構及警示單元啟動示意圖

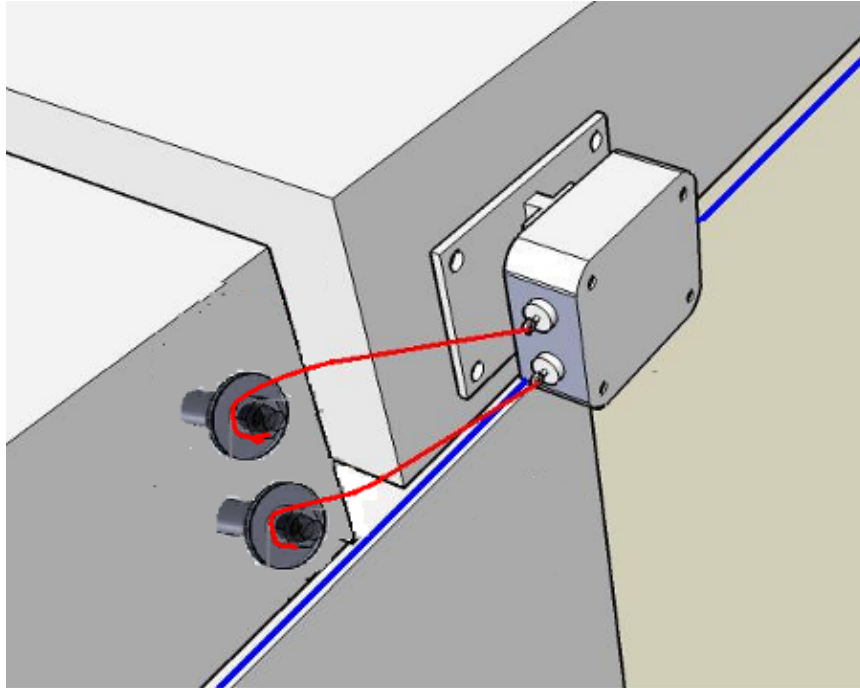
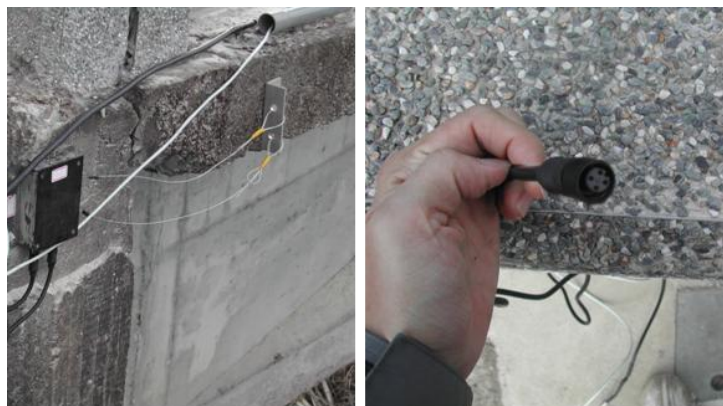


圖 3.5 檢知器模組改善示意圖



(1)檢知器及線路接頭規格化



(2)電池及太陽能板接頭規格化

圖 3.6 各系統接頭規格化示意圖



### 3.TDR 警示系統

由前期之現地試驗結果可知，TDR 警示系統纜線佈設類似簡易迴路式警示系統，如圖 3.7 所示，且佈設後可直接透過 TDR 主機進行檢測，故安裝與維護皆較為容易，但測試中發現礙於現有主機資料接收頻率問題，斷橋發生時，無法即時警報，目前約有 3~5 秒之延遲時間。故本研究提出二種改善之方式，其一係將 TDR 送波及收波系統分開，如使用原先之 TDR100 進行量測，可透過額外再使用另一收波系統進行接收之方式，亦可大幅度減少延遲時間；另一改善方式可採用其他資料傳輸介面，如 USB 型式，縮短其收發波之時間，以改善延遲問題。

表3-4 TDR 警示系統改善要點

改善項目	第一代橋梁斷橋警示系統	第二代系統	改善成效
主機系統時間延遲問題	採用 RS232 線路進行量測資料傳輸，約有 3~5 秒之延遲。	將 RS232 傳輸方式改為 USB 傳輸，或額外採用收波系統進行接收。	將傳輸方式改為 USB 傳輸，主機系統延遲時間將由 3~5 秒降至 1 秒，約提高 80% 傳送速度，而如將其改用收波系統之型式，則延遲時間將少於 1 秒，約提高 100% 傳送速度。
改善束制器 (Breaker) 安裝費時	採用 H 型鋼做為纜線之束制器，安裝前須將型鋼進行加工、切割，使其符合現地使用之需求。	採用膨脹螺絲或角鋼直接做為纜線之束制器。	因使用 H 型鋼做束制器時，需將型鋼進行加工、切割，較為費時且成本高；而採用膨脹螺絲做為束制器，則可直接進行纜線束制，無須再加工，故可減少安裝之成本，並增加現場施工之便利性。

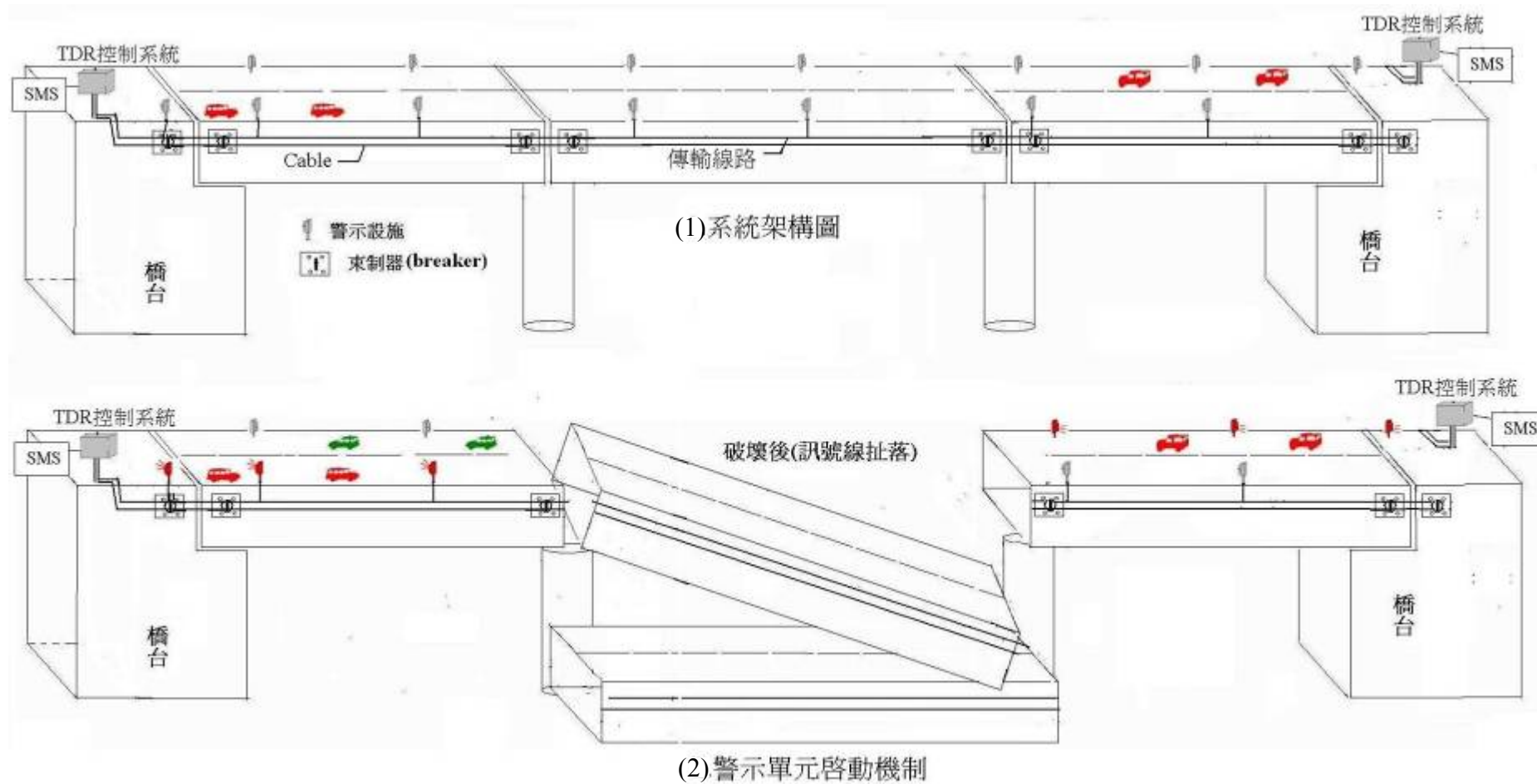


圖 3.7 TDR 架構及警示單元示意圖

### 3.3 專家學者及實務單位座談會

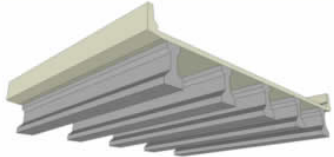

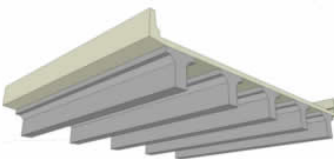

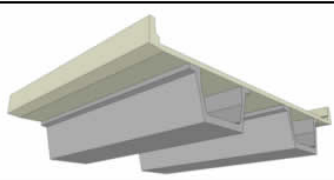

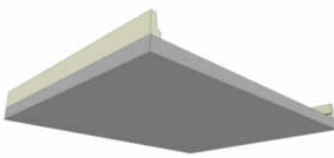

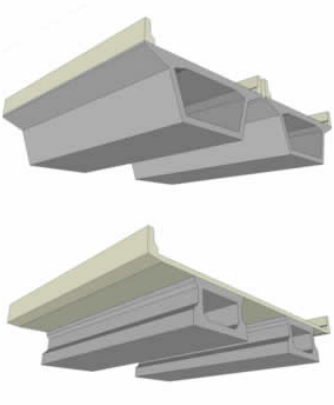

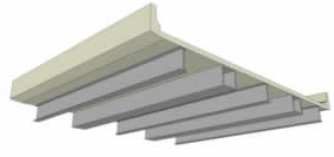


透過上述第一代橋梁斷橋警示系統之檢討與改良，為求審慎務實及使改良後之系統能更符合實務單位之需求，本研究團隊於檢討、改善方案擬定完成後，即先邀請專家學者及實務單位參與研討，俾利瞭解系統初步改善方案之可行性及完善性，及作為系統後續改善之依據。本計畫於 2011 年 6 月 22 日邀請專家學者及公路總局、國道高速公路局等實務單位，從用專家學者、路人及管理者等角度針對目前所研發之系統一同進行研討，會議地點於交通部運輸研究所 10 樓會議室，如圖 3. 8。同時藉由各實務單位之經驗中，了解目前系統各方面（包含系統功能、安裝方式等）於實際應用上仍需改善、增進之地方，並透過此一研討會進行適當之修正，以期後續系統能符合使用單位及用路人之需求。此次專家學者與實務單位座談會之委員意見如附錄 5 所示。



圖 3. 8 專家及實務單位座談會

### 3.4 第二代橋梁斷橋警示系統功能及架構

基於前述之研發及改良之方式，本研究將簡易迴路式、檢知器及 TDR 等三種警示系統改良後之系統架構各分成三大子系統，其中第 1 部分為警示系統的感應線路子系統，第 2 部分為警示系統的控制器子系統，第 3 部分為警示系統的警示顯示子系統，其中三種警示系統之警示顯示子系統架構與電源系統，其安裝原理皆相同，主要差異處為控制器及感應線路子系統。於感應線路安裝部分，為使各種結構型式之橋梁（如圖 3.9、圖 3.10）皆能適用，故安裝之位置需考量施工安裝與後續維護便利性，同時為了減少人為破壞因素，將其安裝於橋梁外側之橋側面板；而檢知器及迴路纜線等監測線路之安裝點位，則主要考量橋梁的潛在破壞機制，因此主要固定、束制於簡支梁伸縮縫兩側（如圖 3.11）或橋側面板與橋墩交界處（連續梁）等易於發生破壞之位置（如圖 3.12），或懸臂梁鉸接處兩側（如圖 3.13）；此一安裝方式通常適用於各種主梁型式或結構型式之橋梁，且安裝之數量、位置及方法亦較易確認。但鑑於各橋梁可能有特殊考量，建議應由橋梁或結構工程師確認檢知器或感應線路安裝位置的合適性，以確保所安裝位置符合該橋梁之潛在破壞模式。茲將各型式改良後之功能與架構重點說明如下：



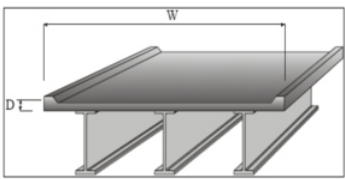

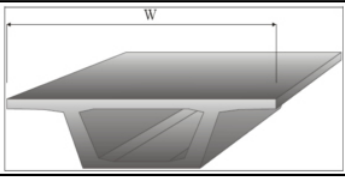

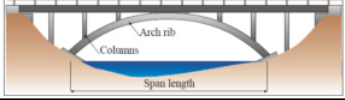

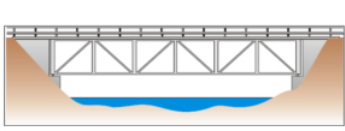

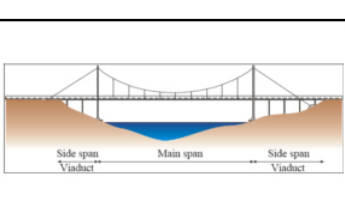

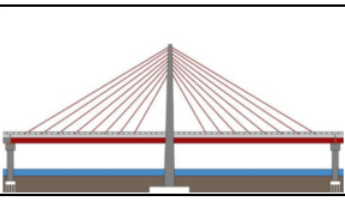

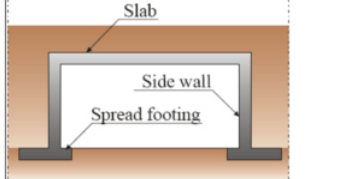

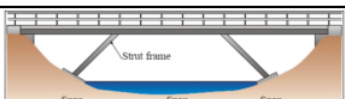
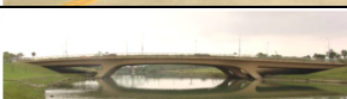
I型梁(混凝土) I Beam		
T型梁(混凝土) T Beam		
U型梁(混凝土) U Beam		
版梁(混凝土) Slab Beam		
箱型梁(混凝土或鋼構) Box Beam		
型鋼梁(鋼構) Steel Beam		
合成梁 組合梁/ composite beam	由兩種以上型式或材質之主梁所組成。	
桁架梁(鋼構) Truss Beam	結構形式為桁架橋時所選擇之主梁型式。	
		

圖片來源：國立中央大學營建管理研究所

資料來源：臺灣地區橋梁管理資訊系統<sup>【35】</sup>

圖 3.9 橋梁主梁型式種類示意圖

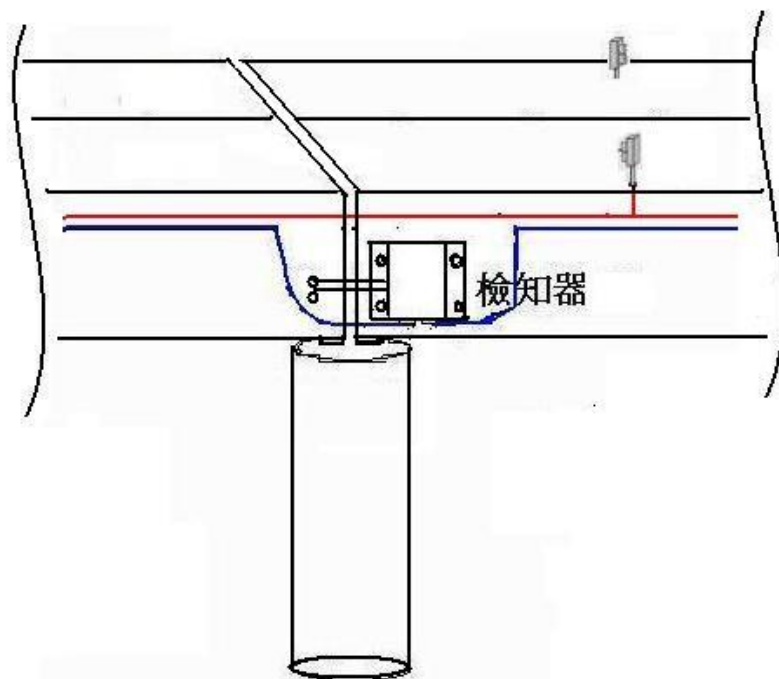


結構型式		
版橋 Slab Bridge		
梁式橋 Beam/Girder Bridge		
箱型橋 Box Girder Bridge		
拱橋 Arch Bridge		
桁架橋 Truss Bridge		
懸索橋 Suspension Bridge		
斜張橋 Cable Stayed Bridge		
剛架橋 Frame Bridge		
Ⅱ橋 Strut Frame Bridge		
簡支梁	(此選項待所有單位均修改為正確之結構型式後應移除，因簡支為支撐端型式，版橋、梁式橋均可能為簡支系統)	
其他		

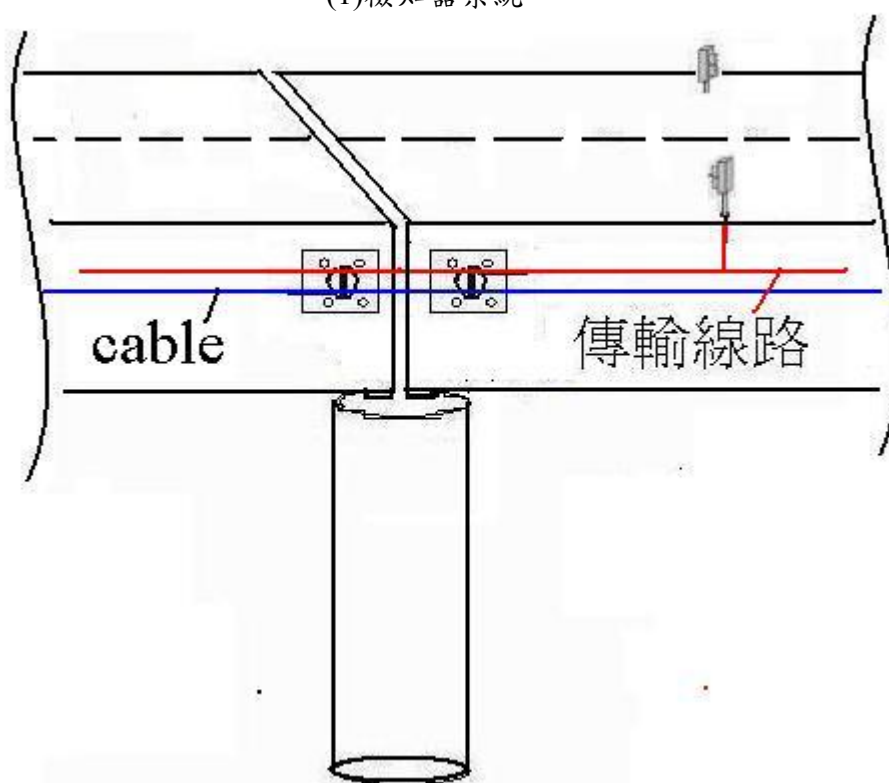
圖片來源：BRIME、國立中央大學營建管理研究所

資料來源：臺灣地區橋梁管理資訊系統<sup>[35]</sup>

圖 3.10 橋梁結構型式種類示意圖



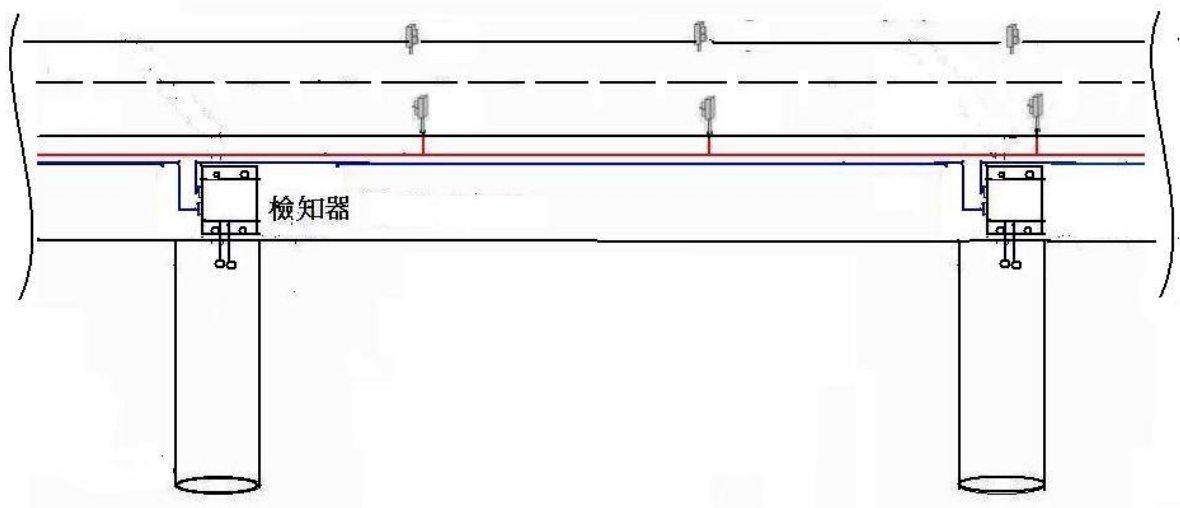
(1) 檢知器系統



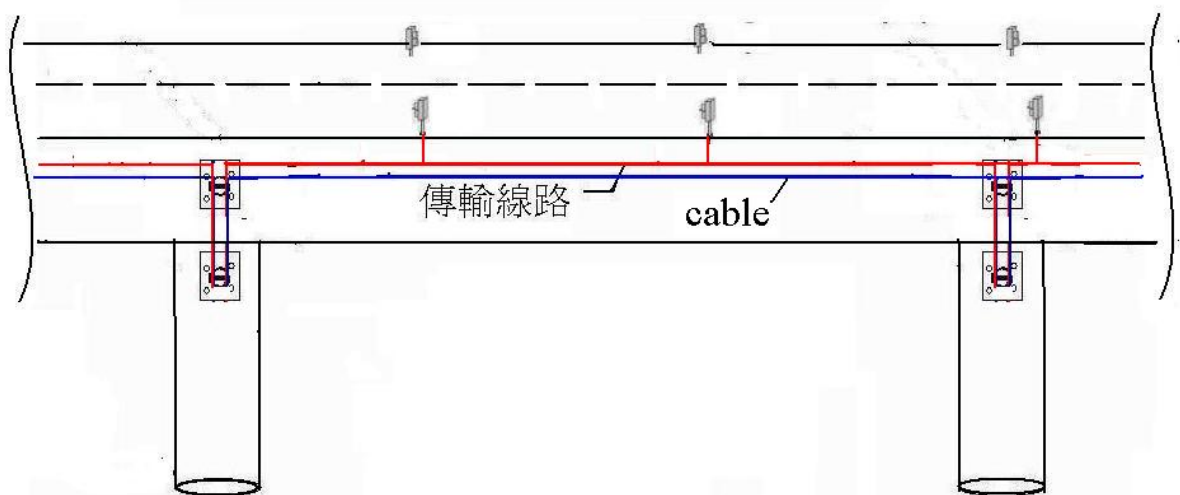
(2) TDR 與簡易迴路式系統

圖 3. 11 警示系統安裝於簡支梁之示意圖



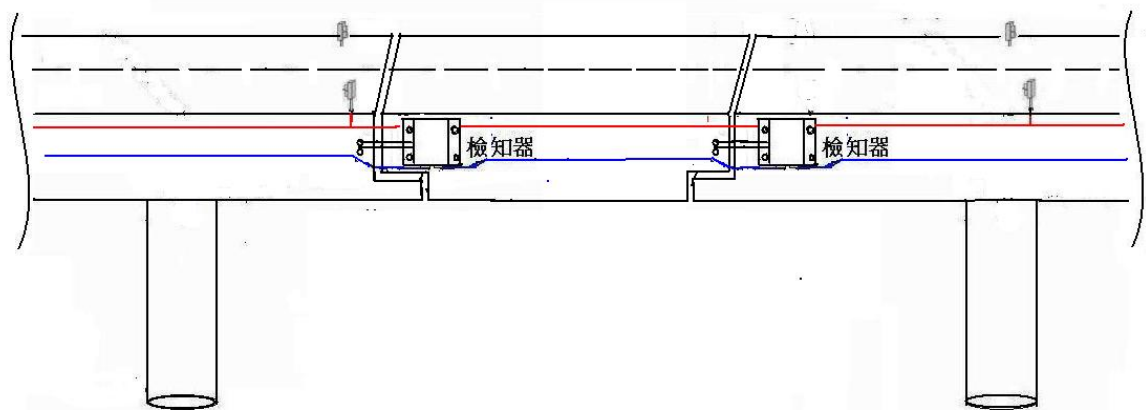


(1) 檢知器系統

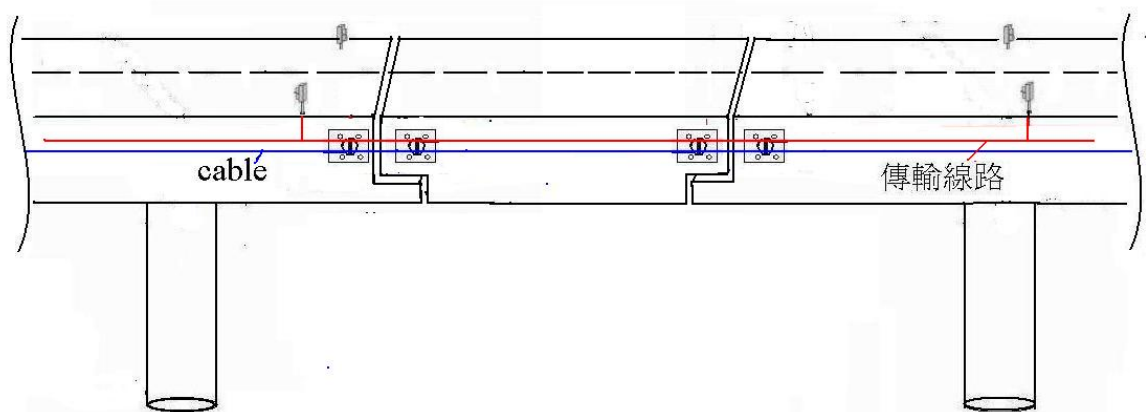


(2) TDR 與簡易迴路式系統

圖 3.12 警示系統安裝於連續梁之示意圖



(1) 檢知器系統



(2) TDR 與簡易迴路式系統

圖 3.13 警示系統安裝於懸臂梁之示意圖

### 3.4.1 警示系統原理及功能-檢知器警示系統

#### 1. 感應線路子系統

本計畫所改良之檢知器裝置除具備第一代橋梁斷橋警示系統能偵測前後錯動與左右拉伸等位移，及提供橋梁破壞位置定位等功能，另將原先由檢知器內部延伸之鋼索如圖 3.14，改為直接由外部使用強力磁鐵連接如圖 3.15 所示，將檢知器完全密封、模組化，增加耐久性及可靠度；鋼索數量並由原先 1 條增至 2 條，使其使用上能多方向性監測，並視使用單位需求，可將 2 條鋼索監測同一方向，當 2 條鋼索皆拉開時才啟動警報，增加系統可靠度；其中亦可將一鋼索預留較小長度，當橋梁變位較大但尚未斷裂前，造成此一鋼索拉開，即通知管理單位但不啟動現場警示設施，以達到監測斷橋前橋梁變化

之目的，且避免誤報影響民眾觀感，鋼索固定方式則可採用膨脹螺絲鎖固如圖 3. 16；而橋梁破壞位置定位方式亦由原先壓降定位改為利用 RS485 傳輸線定位，同時具備線路斷線之偵測，使現地安裝更為簡便，達到隨插即用之功能，如圖 3. 17。

檢知器警示系統之佈設方式係連續串聯方式裝置於橋梁伸縮縫處，可依使用者需求進行單/雙線佈設（即橋梁左右二側皆設置），為避免因車載作用、熱脹冷縮等因素所造成長度的改變，影響系統可靠度，其中至少 1 條檢知器鋼索預留之長度需大於各橋梁設計之伸縮縫伸縮空間、防落橋裝置或原訂設計最大安全伸張寬度，以避免非斷橋事件所產生之誤報，另電源線於伸縮縫處之預留長度則必須大於或等於鋼索的最大預留長度，以確保橋梁斷裂時，電源線較檢知器鋼索晚斷裂。而警示設施啟動設計為當 2 條檢知器鋼索皆拉開，則觸發檢知器（無啟動門檻值設定，拉伸啟動機制為基本開/關設置，但為減少外來因素造成拉伸誤報，此一拉伸開關需大於 15 公斤重施力才能作動），並連動現場 LED 警告標誌警告用路人，同時以手機之整合封包無線電服務(General Packet Radio Service, GPRS)無線傳輸方式將訊息回傳管理中心，並自動以手機簡訊（事先於系統中輸入所需發送之人員手機號碼即可）通報值班管理人員，使管理人員可於遠端訊得知橋梁現況。

關於系統功能平時運作維護部分，因拉伸計部分為強力磁鐵設計，故相關橋梁檢測、維護人員可直接將強力磁鐵拉開，了解其功能是否仍正常運作。

檢知器整體系統功能如下所述：

- (1) 拉伸量：檢知器之拉伸鋼索預留長度將依據量測設計伸縮縫或防落橋裝置最大限度等而設定。另視使用單位需求，可將一鋼索預留較小長度，當橋梁變位較大但尚未斷裂前，造成此一鋼索斷裂，即通知管理單位但不啟動現場警示設施，以達到監測斷橋前橋梁變化之目的，且避免誤報影響民眾觀感。
- (2) 拉伸防觸機制：拉力需超過 15 公斤重時才能啟動拉伸開關警報（15 公斤重之定訂原則，係參考最大瞬風 17 級風所產生之瞬間拉力每平方公尺 500 公斤重之風壓，及經過現場測試結果後所訂定）。
- (3) 檢知器線路採 RS485 傳輸線，並利用軍規接頭，達到隨插即用。
- (4) 出廠時可採用電錶確認檢知器通路功能是否正常。
- (5) 安裝時可確認配合控制器檢核檢知器功能是否安裝正確。
- (6) 系統運作後能檢核檢知器是否正常運作（包含拉伸偵測），避免檢知器因為進水短路或線路斷路而失效。

- (7) 檢知器觸發時，配合控制器可知道觸發位置。
- (8) 防水等級：IP67（防塵、防水效果在 1m 內水壓可維持至 30 分鐘運作正常）。
- (9) 確保偵測單元之耐候防水性能，須進行環溫、防水及鹽霧測試；相關測試標準須符合國家標準 CNS 15015、CNS 14165 及 CNS 8886 Z8026 規定之測試方式。

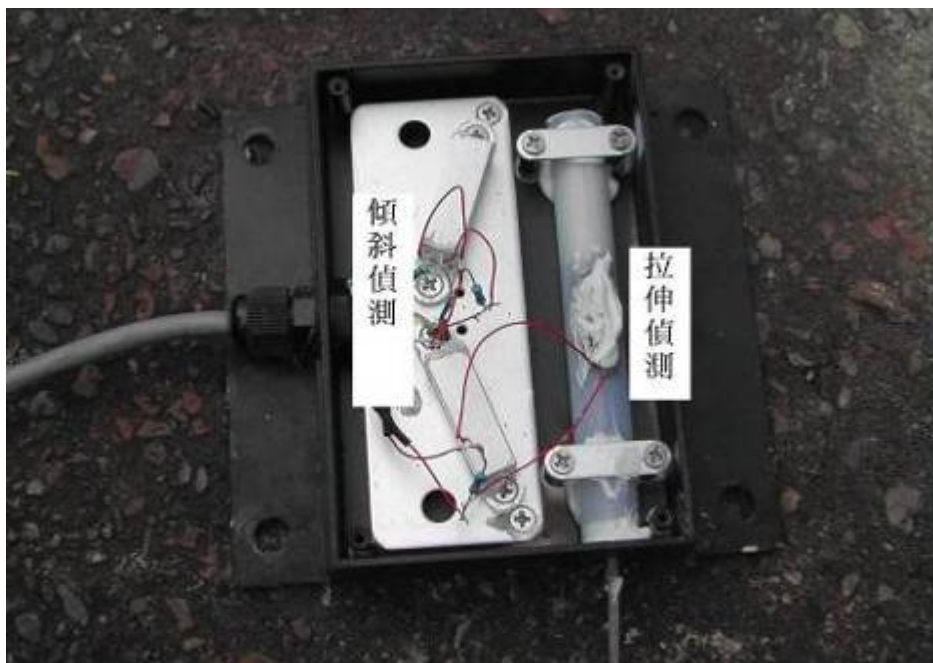


圖 3.14 拉斷檢知器內部示意圖（傾斜偵測為額外可安設項目）



圖 3.15 第二代拉斷檢知器

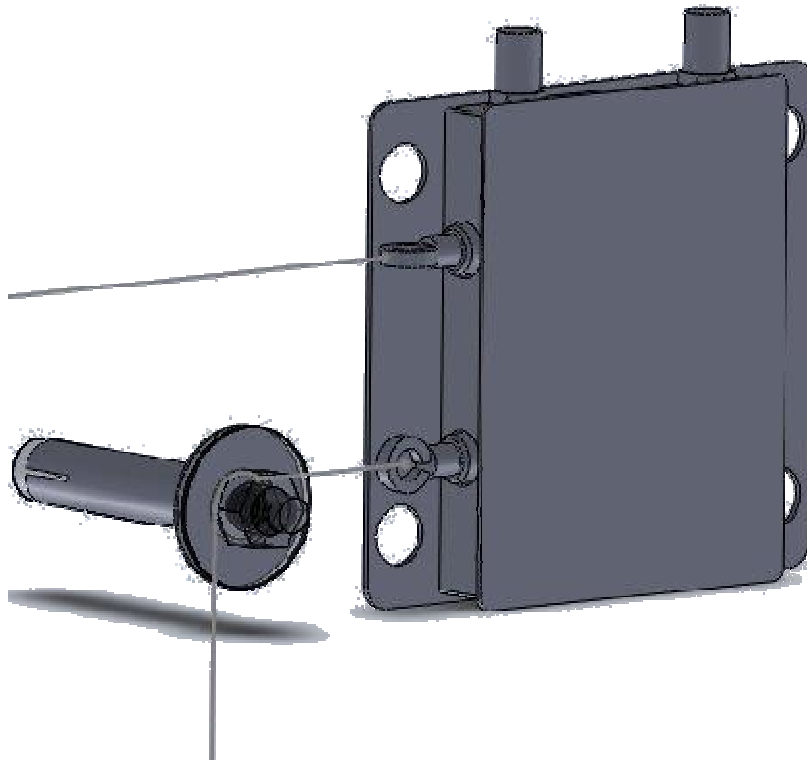


圖 3.16 檢知器鋼索固定示意圖

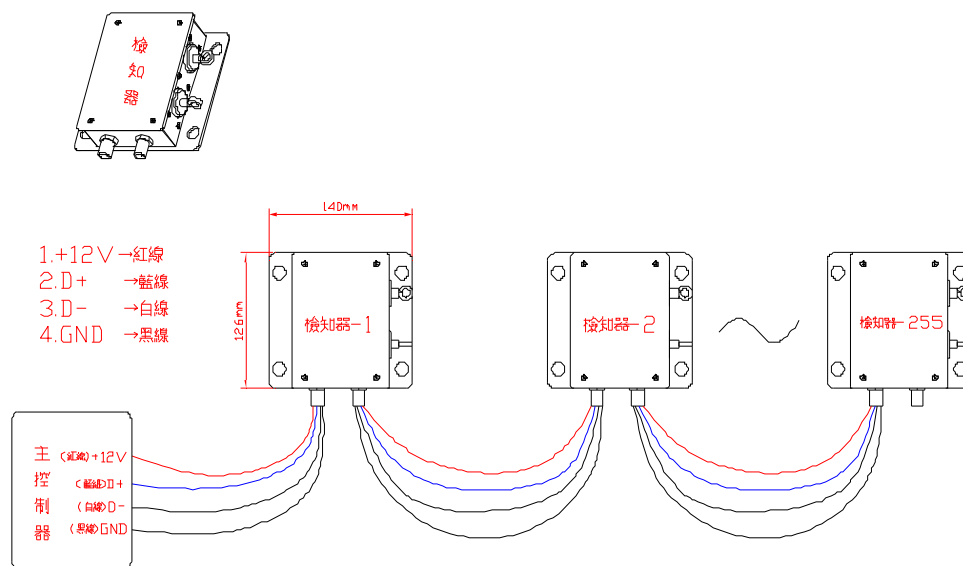


圖 3.17 檢知器線路架構圖

## 2. 控制器子系統

本系統考量讓使用者能迅速得知橋梁現況、破壞時之位置及後續維護管理等項目，因此於現地設有控制器系統，包含 GPRS 傳輸，主要之工作項目為自動檢測檢知器

是否有異常、傳輸線路是否正常、警示設施啟動、橋梁破壞位置定位及現地資料回傳管理中心等項目，其控制器整體架構及配置如圖 3. 18。其中為達到橋梁破壞位置定位，使用者需於檢知器安裝時，記錄檢知器所裝設之位置與其對應之網際網路通訊協定 (Internet Protocol, IP)，其中每一檢知器有不同之 IP，IP 編號將於檢知器出廠前設定完成並標示於外殼，可由管理中心輸入相對位置，使日後橋梁發生破壞時，可立即得知破壞之位置。

此外為保護控制器系統，不受橋梁破壞時所造成之訊號線整體扯落影響，因訊號線末端皆連接至主機系統，故當整體扯落時恐連帶造成主機拉扯或損毀，因此需於橋梁入口主機系統附近設置一束制器(Breaker)，束制訊號傳輸線，以防止橋梁破壞時，訊號線扯落，進而拉扯主機系統，造成主機系統損毀。此外檢知器可額外延伸整合傾斜、水位等量測裝置，以作多項目監測輔助使用。

控制器整體系統功能如下所述：

#### (1) 偵測控制器狀態

- ① 控制器上配有燈號分別顯示檢知器拉伸以及警示系統作動等狀態
- ② 偵測器狀態同步顯示於控制器液晶螢幕
- ③ 可顯示被啟動偵測器位置：例如第 2 號檢知拉伸啟動
- ④ 偵測器狀態改變時，透過無線傳輸 GPRS 模組，將訊息傳回管理中心
- ⑤ 當偵測器狀態改變，且達到程式設定之警戒值時，自動啟動現場警示設施
- ⑥ 偵測器及遠端連線測試按鈕，測試偵測器及遠端連線是否正常，如正常會於控制器液晶螢幕顯示：偵測器測試 OK，遠端連線 OK；如不正常，將顯示何種偵測器異常及異常位置

#### (2) 現場警示設施功能偵測

- ① 警示設施開啟／關閉狀態於控制器液晶螢幕顯示
- ② 警示設施開啟／關閉狀態改變時，透過無線傳輸 GPRS 模組傳回管理中心
- ③ 可由控制器按鈕控制現場警示設施開啟／關閉

#### (3) 偵錯功能

- ① 遠端連線測試按鈕，測試 GPRS 模組連線是否正常，如正常連線會於控制器液晶螢幕顯示：遠端連線測試 OK
- ② 管理中心可設定定時（如五分鐘）主動發訊，確認現場偵測是否正常，其發訊時間之間隔可用管理單位自行訂定
- ③ 現場主動檢測線路是否正常及各檢知器是否仍正常運作，並回傳檢測結果

(4) 控制器供電

- ① 可由市電或太陽能供電
- ② 至少具備 48 小時之備載時間（電力備載計算如表 4-3）

(5) 控制器保護

- ① 電源／訊號防雷擊
- ② 防竊

(6) 系統預留功能（後續可額外增添之功能，但非本計畫系統內所執行之偵測）

- ① 柵欄機啟閉及控制按鈕（由於電力啟動以及相關備載，此功能須與現場警示設施分開獨立系統控制）
- ② 傾斜偵測
- ③ 水位監測

(7) 確保控制器之耐候性能，須進行環溫測試；相關測試標準須符合 CNS 15015 規定之測試方式

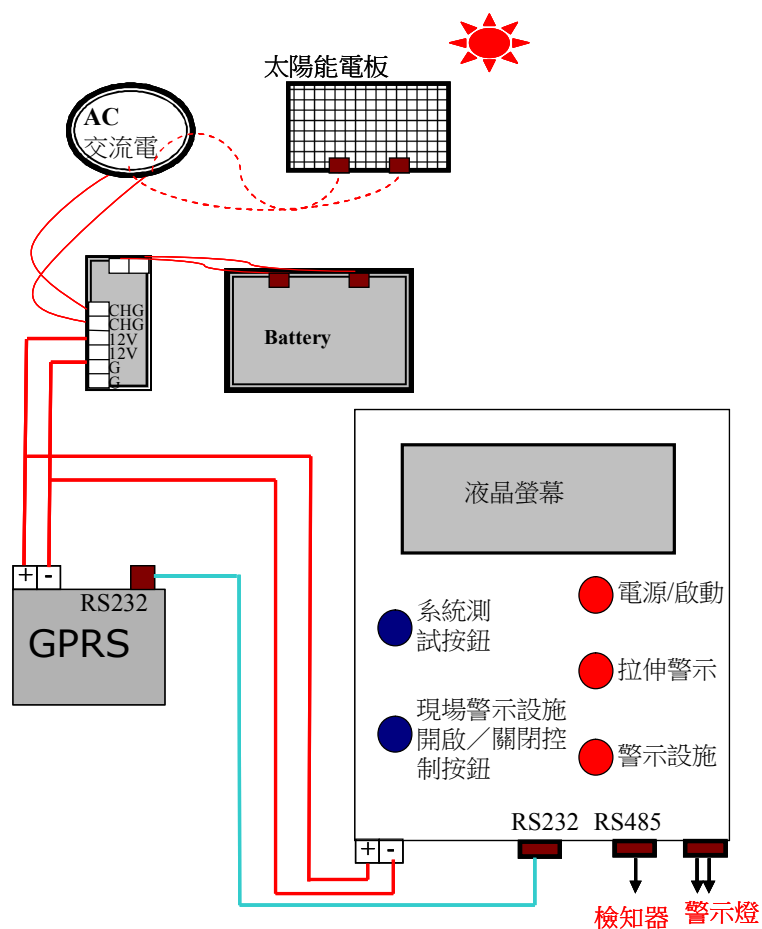


圖 3.18 控制器架構圖



### 3. 警示顯示子系統

現場警示模組設置目的，主要為橋梁發生破壞時，能立即以燈光或警報聲響告知用路人前方路況，因此本計畫參考國外既有案例，並考量車行安全，設定警示單元之點亮模式為設置於橋梁左右兩側行車方向，當斷橋發生時只警示尚未通過斷橋位置之車輛，然已順利通過之車輛，則不需警示，如圖 3. 19；意即為斷橋事件發生時，第一時間只先點亮橋梁左右兩側之全體警示單元，如圖 3. 19 所示，當電源線路因斷橋扯斷時，斷橋處後方的警示單元會因電源無法流通而熄滅，如圖 3. 19 所示。此設計之意義為：依車行方向持續點亮尚未通過斷橋之警示燈，以告知尚未通過斷橋處之用路人，前方路況危險請勿繼續前行；另一方面則是希望已通過斷橋處之用路人，能加速通過，因此通過斷橋之警示燈不點亮，以避免用路人受警示燈亮起之影響而發生危險。

警示設施安裝時建議可額外於橋頭設立告示牌，以告知使用者燈號之目的，另除閃燈及蜂鳴器警示外，橋頭可架設 LED 警示看板，但未作動時需讓用路人不易辨別警示內容，其可加裝 PS 板遮蔽字體或加裝空白燈泡，使平時不易辨視字型內容等方式設置；警示設施啟動之方式為當檢知器 2 條鋼索皆拉開時，控制器則會送一電流至繼電器(Relay)，繼電器因電壓產生變化，進而啟動警示設施（警示設施會因電源線正負極通電而啟動），達到警示之效果，當電源線路因斷橋扯斷時，斷橋處後方的警示單元會電流無法流通而熄滅，其整體架構如圖 3. 20；為達到警示燈點亮之方式，故警示燈皆需有電源線接頭，以便接線供電，並將電源線於伸縮縫處固定，且伸縮縫處之電源線預留長度須大於等於最大鋼索之預留長度，安裝示意圖如圖 3. 21。

警示燈安裝之間距原則係以「道路交通標誌標線號誌設置規則」為依據，但建議至少一跨距安裝一組警示燈，而蜂鳴器安裝之間距則依蕭淑惠(2002)<sup>[34]</sup>提供之公式初步估算如表 3- 5；由於本系統係於斷橋時方啟動警示設施（與預警系統不同），故為使用路人即時得知橋梁情況，爰建議可將第一組警示設施於進橋之前提前設置，主要目的是當橋梁發生破壞時（或破壞位置於橋頭時），尚未進入橋梁之用路人便能提早得知橋梁現況，即時改道或停車，其設置方式依照「道路交通標誌標線號誌設置規則」之規定，如以一般車行時速為每小時 50 公里，道路摩擦係數為 0.36，一般駕駛人反應時間為 2.5 秒之情況，建議第一組警示設備可提前至 65m（非警示設施間之間距，僅代表第一組警示設施至橋頭之距離）進行架設，讓用路人有足夠之反應時間。

現場警示設施型式建議依下列三項之原則，由管理機關自行決定：

- (1) 依道路交通標誌標線號誌設置規則規定。

- (2) 警示架構符合警示系統之需求（如有外露之電源線）。
- (3) 配合管理機關需求，考量經費、安裝地點、施工便利、行車安全、景觀影響及橋梁規模等項目。

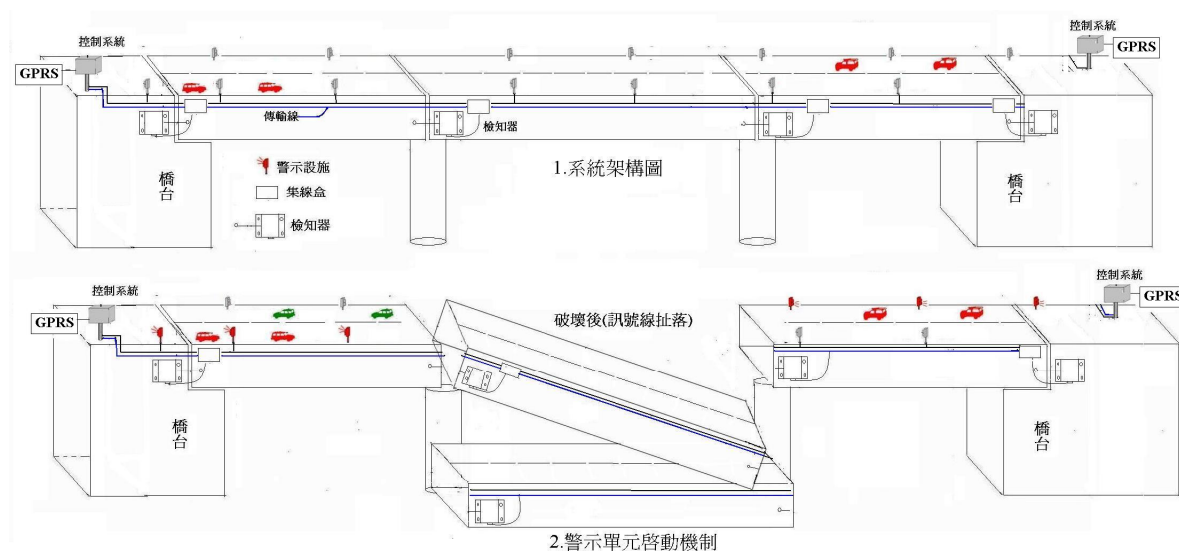


圖 3.19 斷橋警示系統警示設施啟動示意圖

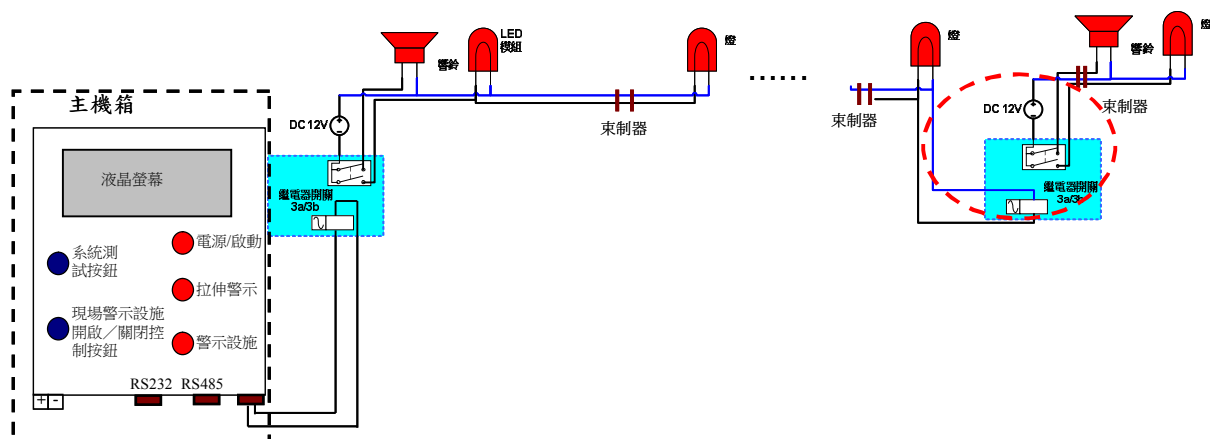


圖 3.20 警示設施架構示意圖含電源中繼站（紅框處）

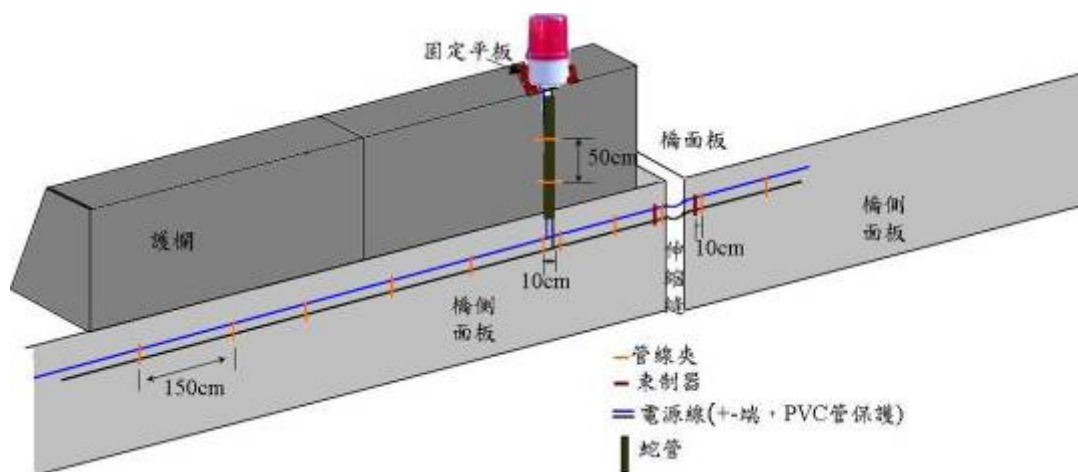


圖 3.21 警示設施安裝方式示意圖

表3-5 蜂鳴器音量衰減至70分貝之概略距離

喇叭分貝	安裝間距	擴音設備音量（分貝）
120	約 200m	70
100	約 30m	70
80	約 3m	70

#### 4.其他-電源系統

本警示系統供電方式可採用太陽能供電與市電供電二種型式，如圖 3. 22，以使山區或偏遠地方之橋梁亦能順利安裝，提升系統之適用範圍。當現地有市電可使用時則採用市電搭配 UPS 或蓄電池，若無則用太陽能搭配蓄電池供電，二者都有時則建議可二者搭配使用，如此於連續陰雨天時，則可改採市電，如市電斷電時，則可透過太陽能持續供電，確保系統皆能順利運作。本研究研發之警示系統，其電池電力備載預計保持至少 48 小時，主要係確保於連續陰雨天（或發生天災）時，其太陽能電板（或市電斷電）在無法有效充電的情況下，系統仍可妥善運作，不受天候影響。而其計算方式，主要為量測各項儀器所需消耗之電力(安培)，再與電池進行比較，即可推算出備載時數，如表 4-3。而太陽能板安裝之位置可直接安裝於電池箱桿柱上方，以便於充電。電池等電源部分建議可統一放置於橋頭儀器箱處，以方便後續維護更換，當橋梁長度較長（如 1~2 公里），橋頭電力不足以供應延線之警示設施時，則可於橋梁中央設置電源中繼站供應後半部警示設施電源，如圖 3. 20，亦可加大橋頭處之電池容量或電池數量增加其可供

應之電力；如需增加備載時間則亦然。

此外檢知器與 TDR 警示系統都具有遠端監控中心定時主動查詢系統是否正常運作功能，因此當管理者發現現場斷橋系統因電力問題導致故障或停止運作，也可進一步進行維修，排除故障問題。

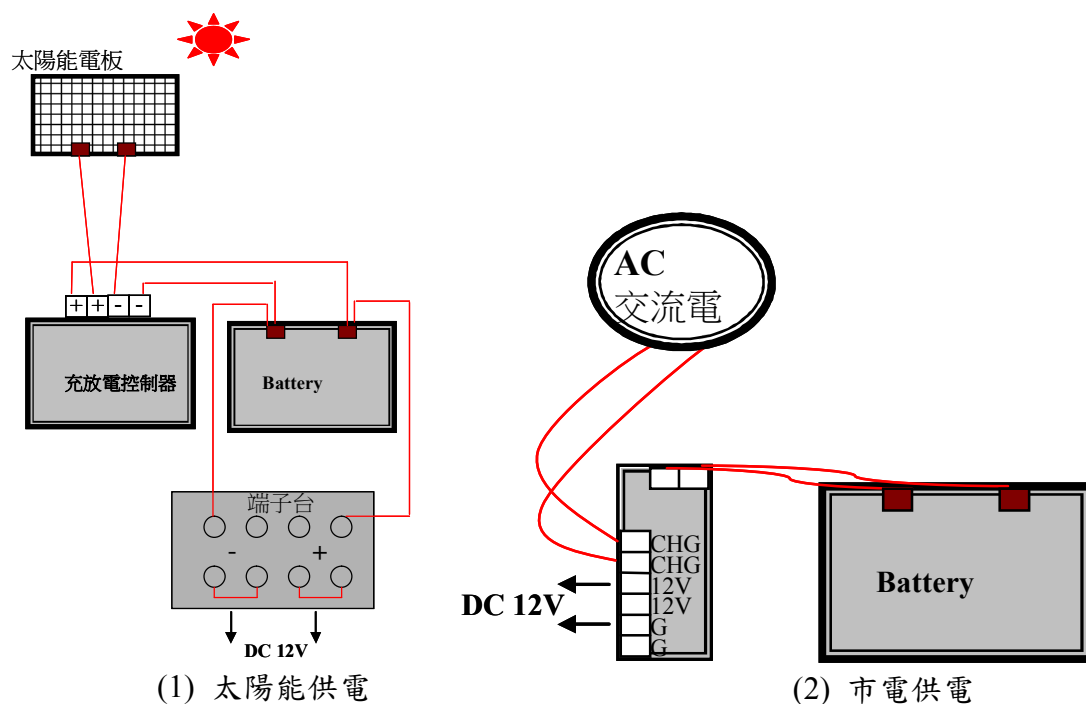


圖 3.22 電源系統架構示意圖

### 3.4.2 警示系統原理及功能-TDR 警示系統

#### 1. 感應線路子系統

基於 TDR 技術，本研究規劃 TDR 纜線可延著護欄或橋面板固定佈設（可依使用者需求進行單/雙線佈設，即橋梁左右二側皆設置），其為連續分佈式之監測，架構如圖 3.23；首先必須在所要監測的橋梁安裝同軸纜線，如圖 3.24，為便於安裝，纜線除安裝於橋梁側面板之外，僅需在伸縮縫或橋面板與橋柱接合處等適當位置採用纜線束制器 (Breaker) 固定，將纜線二端束制，強制纜線於橋梁發生錯動變形時能立即反應，隨著橋梁變形將應力傳至同軸纜線使之發生線路斷面破壞，當橋梁變形增加，TDR 反射之

波形亦會隨之增加。為避免伸縮縫等於常時熱脹冷縮等因素，所造成的長度改變影響系統可靠度，故纜線於伸縮縫預留之長度需大於各橋梁設計之伸縮縫伸縮空間、或防落橋裝置或原訂設計最大安全伸張寬度，另電源線於伸縮縫處之預留長度則必須大於或等於纜線的最大預留長度，以確保橋梁斷裂時，電源線較纜線晚斷裂。

當同軸纜線安裝完成後，利用 TDR 發射一電壓脈衝送至纜線下方，至纜線底部反射回來，而其間所遭遇受剪、受張等情況使同軸線產生缺陷(幾何形狀之改變)，便輸出於示波器上，如圖 2. 26 所示。因電纜的波傳速度已知，藉由因纜線凹痕引起的反射訊號之時間，可以得知剪動位置，反射訊號之大小會隨著錯動變形量增加而增加，如此可在剪動訊號發生時，立即啟動警示功能，並提供剪動位置以及後續剪動量變化情形，同時自動透過手機簡訊通知相關管理人員。

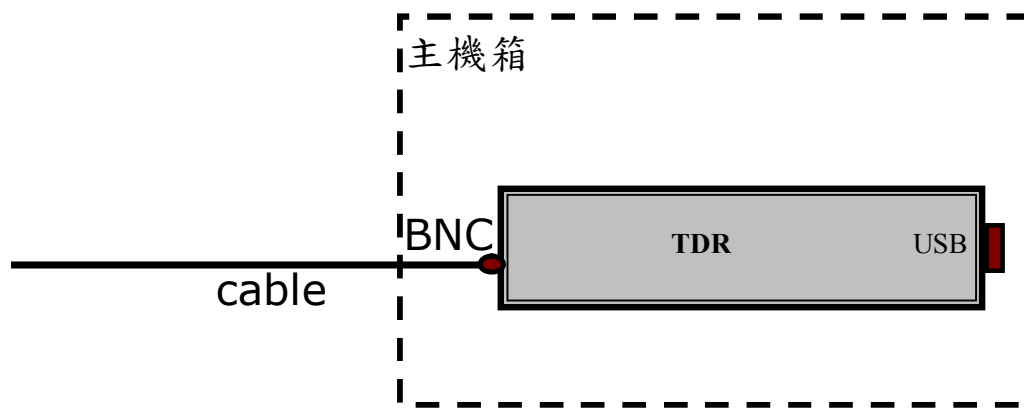


圖 3.23 TDR 線路架構圖

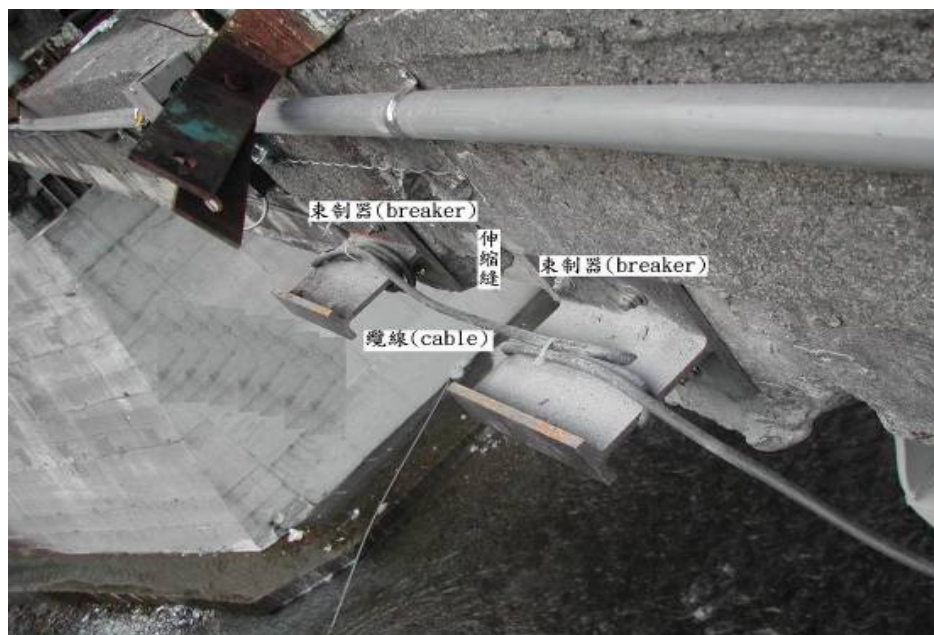


圖 3.24 實際纜線與束制器(Breaker)佈設示意圖

## 2. 控制器子系統

TDR 為一上孔式概念之新式監測系統，其控制器之訊號發射主機、資料擷取器部分及傳輸系統等皆可置於地表，透過同軸傳輸纜線，量測結構體之變化情況，並將量測波形分析得知剪動位置，另可由遠端獲得現地橋梁現況，當橋梁發生斷裂時，即發送訊息通知管理者。其控制器架構如圖 3. 25 所示，自傳輸纜線(Lead Cable)連接 TDR 主機開始，至監測資料由無線方式傳回到監測站為止，都屬於本系統資料擷取的部分，各儀器元件的功能詳述如下：

1. 時域反射儀(TDR)主機：時域反射儀(TDR)主機為一脈衝電壓產生器，產生之脈衝電壓傳至同軸電纜線，由內建之訊號採樣器擷取反射訊號，進而利用資料擷取器下載儲存資料。TDR 主機另有 USB 接孔，可外接電腦透過控制軟體直接操作。
2. 資料擷取器(Datalogger)或嵌入式系統：資料擷取器為一小型的電腦，可透過擷取器商業控制程式軟體進行資料擷取器的操控與上傳下載資料。依據擷取資料形態的不同（如 TDR 或是傳統類比設備），可設定不同的量測參數與時間排程的設定，其目的在於以自動化的方式，啟動感測器探測並將量測資料收集儲存，其特色在於耗電量少，系統穩定性佳，但執行高階運算處理能力較差。嵌入式系統(Embedded system)可取代傳統資料擷取器，其特色在於運算處理速度快，且可自訂資料分析流程，因此可在現地將擷取之 TDR 波形資料，即時於資料擷取器中進行分析，得到觀測物理量，大大減少資料傳輸量。
3. 資料儲存器(Storage)：資料儲存器目前採用快閃記憶體模組，可配合市面販售的快閃記憶卡，其目的為擴充資料擷取器之內建暫存記憶體，將擷取資料另外備份。利用資料擷取器控制程式，可定期將所擷取的監測資料儲存備份於資料儲存器中。另可透過收錄與控制系統程式軟體設定，直接或遠端下載觀測資料。
4. 傳輸系統：透過傳輸系統可遠端下載監測資料，而傳輸系統依照現場需求而有下幾種方案（本計畫採用 GPRS 無線傳輸）：
  - (1) GSM/GPRS 無線傳輸，利用手機 SIM 卡之 GSM/GPRS 功能，透過無線傳輸將資料傳送至伺服器端。
  - (2) 透過電話系統，則可利用 ADSL 模組進行資料傳輸，其優點在於價格便宜，傳輸性穩定。
  - (3) RF 傳輸介面以及 1.4 GHz RF 天線，可提供 RF 頻段之無線傳輸功能，唯伺服器端也必須架設接收天線，以接收傳輸資料。

5. 電源供應器(Power Supply)：現場資料擷取設備均使用 12V DC 直流電源。本研究使用 12V 蓄電池，而蓄電池可於現場接 110V 交流電蓄電或利用太陽能電板進行蓄電。為維持資料擷取器及其它現場資料擷取設備之正常運作，需維持 9.6V 以上之電壓。

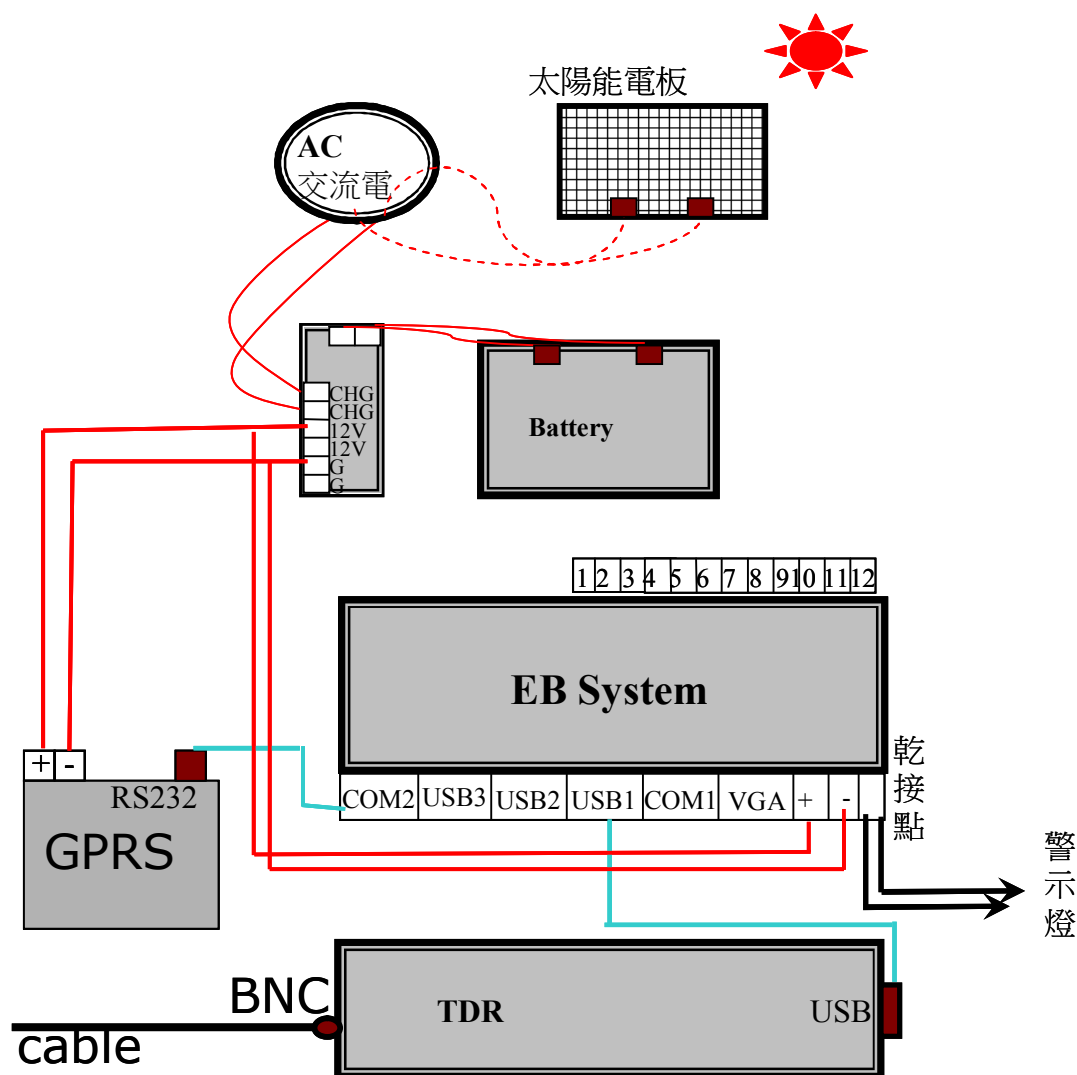


圖 3.25 TDR 主機架構圖

### 3.4.3 警示系統原理及功能-簡易迴路式警示系統

#### 1. 感應線路子系統

簡易迴路式之原理係利用電線或電纜等傳輸電線，佈設於於橋梁側面板形成一封閉迴路進行監測（亦可於橋梁左右二側同時設置，進行雙向監測），並利用二組檢測迴



路進行斷橋監測，且需二組迴路皆破壞才啟動警報系統，以提升可靠度，當橋面發生破壞時，造成電（纜）線斷裂，使其電子迴路中斷，則安裝於警示設施上之通告器(Annunciator)或繼電器(Relay)因電壓產生變化，進而啟動警示設施。透過此一方式即可於橋梁發生破壞時，立即啟動警示設施來警示用路人。而為能於斷橋事件發生時，立即啟動警示設施，因此纜線需於伸縮縫或橋面版與橋柱接合處等適當位置採用纜線束制器(Breaker)固定，將纜線二端束制，強制纜線於橋梁發生錯動變形時能立即反應、斷裂，以使警示設施能即時作用，發揮效用；為避免伸縮縫等於常時熱脹冷縮等因素，所造成的長度改變影響系統可靠度，故纜線於伸縮縫處預留之長度需大於各橋梁設計之伸縮縫伸縮空間、或防落橋裝置或原訂設計最大安全伸張寬度，以避免誤報產生。其整體架構及安裝方式如圖 3. 26。由於此系統為簡易式之系統，故系統僅需安裝傳輸電線（可用聚氯乙烯(PVC)管保護）或同軸纜線、警示閃燈(含電晶體或繼電器(Relay)等)、電源（太陽能或市電輔以蓄電池）及束制器(Breaker)等設備。

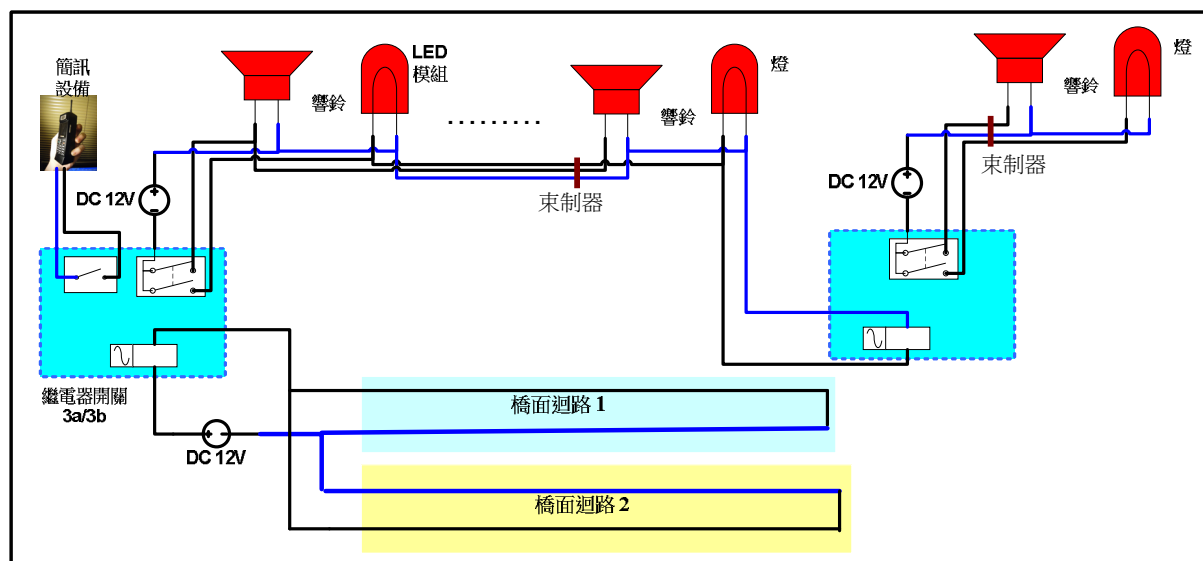


圖 3. 26 第二代簡易迴路式警示系統架構及安裝示意圖

## 2. 控制器子系統

簡易迴路式應用之對象主要為經費較少之便橋或鄉間小橋等小型橋梁（重要性較低等、橋梁長度約 100 公尺以內），故其研發主要係使用較簡易之方式進行監測，並減少後端電子化之產品，於維持系統可靠性之原則下，降低成本及系統架構複雜性，因此本系統並無控制器及相關後端管理系統，僅線路、警示設施等設備；透過佈設於橋梁側面板形成之封閉迴路進行監測，利用二組檢測迴路以提升可靠度，當橋面發生破壞時，

造成電（纜）線斷裂，使電子迴路中斷，則安裝於警示設施上之繼電器(Relay)，如圖 3. 27，因電壓產生變化，進而啟動警示設施。因此整體成本相對低廉，且採用傳統繼電器，減少安裝技術之困難，故系統建置、施工相對較為簡便，系統後續維護部分，亦因系統架構簡易，僅需針對線材及警示設施進行維護、保養，整體而言較為便利、簡易，且該系統並無太複雜之電子電器產品，主要電力需求為警示燈等警示設施，因此整體耗電量低；後續可視使用單位需求，額外設置簡訊通知系統（需配合專業客製化電子套件），如圖 3. 28，以便橋梁發生破壞時，可以簡訊通知管理單位，使管理單位能初步掌握橋梁狀況。



圖 3. 27 傳統繼電器(Relay)及型號示意圖



圖 3. 28 簡訊傳輸模組及型號示意圖



## 第四章 警示系統現地試驗

本團隊針對檢知器與 TDR 警示系統，99 年度已於谷關-篤銘橋進行全系統及實際橋梁斷橋的系統測試驗證，並基於當年度研究成果，於研究計畫結束後另行於苗栗-湖東橋持續進行現地試驗，以針對系統之耐久性、穩定性及可靠性進行長期測試。本研究考量 TDR 警示系統未來雖有其發展性，但主機目前價格仍太昂貴，並需相關專業人員進行主機及程式安裝、分析，且前期計畫已做過實際橋梁現地驗證，另本年度重點不單純僅是警示系統的建置，更重要得是能提供公路管理機關實務上使用，將研發之系統推廣至公路管理機關，故此次現地安裝試驗方面，主要係以後續較易推廣之檢知器及簡易迴路式警示系統為主，現地試驗時將於同一地點進行檢知器及簡易迴路式二種系統安裝、測試。

此次現地試驗因前期已於篤銘橋拆橋時進行的系統作動測試驗證，故此次主要之目的係測試警示系統整體長期之穩定性、耐侯性及可靠度等項目，而關於現地試驗所需之實際橋梁，本研究依專家學者及實務單位座談會所建議之意見，選定於苗栗-梅南橋(台 1 線)進行測試，除因靠海適合系統長期穩定性及耐久性測試外，其橋梁狀況指標 (Condition Index, CI) 以及優選指標 (Priority Index, PI) 亦小於 100，恰可作為系統現地測試。另鑑於橋梁斷橋警示系統之開發，不單純僅是警示系統的建置，更重要得是能提供公路管理機關實務上使用，可於橋梁破壞發生時提供橋梁兩側用路人及養護單位即時之資訊，進而降低災害後續可能造成之損傷，爰此，本團隊將藉由此一橋梁之實際現地試驗，了解警示系統於汛期間之運作狀態，包括整體系統之穩定性、耐侯性，並將測試之結果做為系統修正及改良之依據，以利後續推廣及提供公路管理機關實際使用時之參考。

### 4.1 現地試驗步驟及流程研擬

苗栗縣通霄鎮梅南橋於民國 85 年完工，位於台一線 135k+150，為一兩柱三跨之簡支梁結構，全長約 105m 之跨河橋梁，如圖 4.1，為避免影響公路總局苗栗工務段於 100 年 7 月 6 日起進行為期 2 個月的齒型伸縮縫換修工程，經與苗栗工務段協調後，已於 8 月 12 日完成梅南橋現地斷橋警示系統之裝設作業，以進行系統長期測試。警示系統各

設施現地安裝位置規劃如圖 4.2，檢知器與簡易迴路式警示系統個別之安裝項目如表 4-1 以及表 4-2 所示，各系統之電力備載天數如表 4-3，現地安裝費用估算如表 4-4、表 4-5、表 4-6 及註：此表所估之成本，皆為市面上之現貨，故其受規格、材質、數量及廠商等影響而有不同之價格，未來仍受市場機制或原物之漲跌影響而所變化。

表 4-7 所示；而成本估算如表

表 4-8 所示（此處所提供之成本主要係以本研究所研發之檢知器為主，另簡易迴路式警示系統所需之構件與其他各設備（如警示設備、儀器箱等）、耗材等，皆為市面上常見之產品，故其受規格、材質、數量及製造廠商等影響而有不同之價格，因此不納入成本估算）。因安裝期間適逢工務段進行左右二側橋頭伸縮換修工程，為避免施工時破壞檢知器等相關設備，故檢知器主要裝設於橋梁中央側面板之伸縮縫（分別距橋頭約 40m 及 75m），橋梁左右二側皆進行安裝如圖 4.2 所示；此外為後續測試方便，則於橋頭加裝一組檢知器，以便後續系統測試之用。簡易迴路式則將纜線沿橋梁側面板進行全橋佈設，以藉此形成監測迴路，並於伸縮縫二旁安裝束制器(Breaker)將伸縮縫之電源線、監測纜線與 RS485 傳輸線予以束制，以確保斷橋發生時線路能確實扯斷，並啟動本研究設置之警示顯示子系統。

檢知器及簡易迴路式二種警示系統各設施之安裝方式主要依照前節所述之架構進行安裝。於橋梁二端入口處各設置一座 LED 警示燈與蜂鳴器，且於橋梁中設數組警示閃燈；系統監測端(系統主機)設置於橋梁入口處旁，避免來往車輛碰觸，且於系統監測端旁設置束制器(Breaker)束制訊號傳輸線，避免斷橋時，傳輸線拉扯主機，造成主機系統損毀；電力方面則採用太陽能電板搭配蓄電池進行供電，以進行整體系統穩定性測試。

在系統測試方面：檢知器測試項目包含控制模組、傳輸系統及電力系統穩定性、儀器耐候性與耐久性、後端資料系統顯示情況；而簡易迴路式測試項目則包含傳輸系統及電力系統之穩定性及儀器耐候性與耐久性等。



圖 4.1 梅南橋現地照

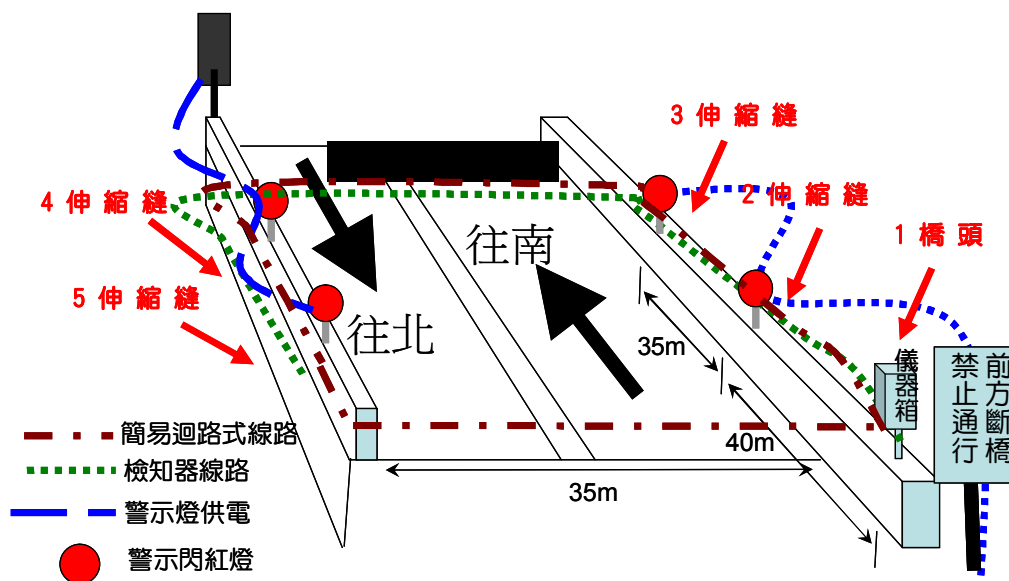


圖 4.2 梅南橋現地警示系統安裝示意圖

表4- 1 檢知器警示系統測試安裝項目


項次	項目名稱及取得方式	數量	備註
1	斷橋檢知器含 RS485 傳輸線	5	
2	斷橋偵測控制模組（自行研發）	1	含太陽能板及太陽能充放電控制器，電池
3	GPRS 傳輸模組（市面現貨）	1	支援 900/1800/1900 三頻
4	耐候型儀器箱（市面現貨）	1	本體熱浸鍍鋅防銹處理
5	太陽能 LED 警告標誌（市面現貨）	2	<p>含桿柱、太陽能板、太陽能充放電控制器，電池 尺寸:高 1800 mm 寬 800 mm，表面陽極加粉體烤漆處理</p> 
6	警示閃燈及蜂鳴器（市面現貨）		依道路交通標誌標線號誌設置規則規定
7	束制器		固定並束制電源線



表4-2 簡易迴路式警示系統安裝項目

項次	項目名稱及取得方式	數量	備註
1	電(纜)線		
2	束制器		固定並束制纜線，使其於橋梁破壞時，能即時反應
3	繼電器開關（市面現貨）	1	控制警示設施
4	耐候型儀器箱（市面現貨）	1	本體熱浸鍍鋅防銹處理
5	電源供應器（市面現貨）	1	含太陽能板及太陽能充放電控制器，電池
6	警示閃燈及蜂鳴器（市面現貨）		

表4-3 各儀器模組電力備載時數

項目		現場配置之供電系統	系統耗電	現場備載時數
簡易迴路式警示系統		太陽能 130W，電池 100Ah	N:0.2 mA A:5 mA	共約 142.86(小時)
鋼索檢知器（1 個）		太陽能 130W，電池 100Ah	4mA	
控制器單元（含 GPRS）			500mA	
警 示 單 元	LED 牌面(1 個)	太陽能板 22W，電池 36Ah	D:625mA N:62.5mA	日間模式約 14.01(小時) 夜間模式約 20.49(小時)
	警示閃燈(1 個)		D:52mA N:5.2mA	
	蜂鳴器（1 個）		1250mA	

註 1：電池容量（Ah）／電流(每小時)=備載時數。

註 2：備載時數為太陽能及市電等皆無法供電時，其系統所能運作之時間。

表4-4 梅南橋斷橋警示系統簡易迴路式安裝費用（不含警示設施）

簡易迴路式警示系統						
項次	項目名稱	單位	數量	單價	小計	備註
1	簡易迴路式控制端 (Relay)	組	1	500	500	
2	太陽能供電模組	式	1	60,000	60,000	130W+ 100Ah
3	戶外耐候型儀器 箱、桿柱	式	1	25,000	25,000	
4	配線、線材	式	1	40,000	40,000	
5	線路固定，治具	式	1	45,000	45,000	
	總價				170,500	

註：此表所估之成本，部分為市面上之現貨，故其受規格、材質、數量及廠商等影響而有不同之價格，未來仍受市場機制或原物之漲跌影響而所變化。

表4-5 梅南橋斷橋警示系統檢知器安裝費用（不含警示設施）

檢知器警示系統						
項次	項目名稱	單位	數量	單價	小計	備註
1	橋梁檢知器	組	5	6,000	30,000	
2	斷橋檢知器控制模組	組	1	80,000	80,000	
3	太陽能供電模組	組	1	60,000	60,000	130W+100Ah
4	戶外耐候型儀器箱、 桿柱、太陽能板支架	式	1	25,000	25,000	
5	無線傳輸模組	組	1	65,000	65,000	
6	後端管理系統建置	式	1	60,000	60,000	
7	施工配線	式	1	60,000	60,000	
8	零配件、線材	式	1	60,000	60,000	
	總價				440,000	

註：此表所估之成本，部分為市面上之現貨，故其受規格、材質、數量及廠商等影響而有不同之價格，未來仍受市場機制或原物之漲跌影響而所變化。

表4-6 梅南橋斷橋警示系統警示設施安裝費用

其他(含警示設施)估價						
項次	項目名稱	單位	數量	單價	小計	備註
1	太陽能 LED 警示牌面	座	2	60,000	120,000	
2	警示看板	座	2	9,000	18,000	
3	特種閃燈號誌	座	4	15,000	60,000	
4	蜂鳴器	個	2	900	1,800	
	總價				199,800	

註：此表所估之成本，皆為市面上之現貨，故其受規格、材質、數量及廠商等影響而有不同之價格，未來仍受市場機制或原物之漲跌影響而所變化。

表4-7 梅南橋斷橋警示系統工料分析表

項次	項目名稱	單位	數量	單價	小計	備註
1	工程車	天	2	10,000	20,000	
2	吊車	天	2	14,000	28,000	
3	技術工	人/天	4	2,400	9,600	
4	大工	人/天	4	1,700	6,800	
5	固定配件	式	1	15,000	15,000	
6	工具材料耗損及雜項	式	1	3,520	3,520	
7	勞工安全護具	組	1	6,000	6,000	
	總價				88,920	

註1：因檢知器與簡易迴路式警示系統一同進行安裝，故本工料分析表為二者共同施工之成本。

註2：此表所估之成本，皆為市面上之現貨，故其受規格、材質、數量及廠商等影響而有不同之價格，未來仍受市場機制或原物之漲跌影響而所變化。

表4-8 斷橋警示系統檢知器成本概估（不含警示設施）

檢知器警示系統						
項次	項目名稱	單位	數量	單價	小計	備註
1	橋梁檢知器	組	1	3,000	3,000	
2	斷橋檢知器控制模組	組	1	50,000	50,000	
3	太陽能供電模組	組	1	40,000	40,000	130W+100Ah
4	無線傳輸模組	組	1	30,000	30,000	
5	後端管理系統建置	式	1	60,000	60,000	
6	施工配線	式	1	60,000	60,000	
7	零配件、線材	式	1	60,000	60,000	
	總價				303,000	

註1：項次6、7與8三項，其當系統普及大量建置時，此三項成本將因均攤後而降低。

註2：此表所估之成本，未來仍受市場機制或原物之漲跌影響而所變化。

## 4.2 警示系統現地安裝、測試

警示系統安裝時亦可區分為警示顯示子系統、感應線路子系統與控制器子系統三部分進行安裝，檢知器與簡易迴路式現地安裝、測試方式如圖 4.3 與圖 4.4 所示，茲將現地安裝重點與測試結果說明如下。詳細安裝與維護流程則可參考現地安裝與後續維護手冊，如附錄 1；安裝與維護時之檢測表則可參考附錄 2 與附錄 3。

### 1. 警示顯示子系統安裝

二者安裝之主要差異部分為感應線路子系統與控制器子系統，於警示顯示子系統安裝部分，皆先設立儀器立柱，如圖 4.3 (1)，並將儀器箱、電池箱、警示設施（LED、蜂鳴器及閃燈等）與供電設備（包含充放電控制器，太陽能板或市電並輔以蓄電池或 UPS）安裝於立柱上，如圖 4.3 (2)~(5)，警示顯示子系統即安裝完成。

### 2. 感應線路子系統安裝

安裝檢知器感應線路時，先將電源線、RS485 傳輸線與束制器(Breaker)安裝至橋側面板，並使用聚氯乙烯(PVC)管保護，如圖 4.3 (6)，而通過伸縮縫處之線路需加裝束制器束制，各線路束制時其預留長度可參考橋梁設計之最大安全容許值定訂，但需大於檢知器鋼索最大預留長度，以避免橋梁破壞時，檢知器鋼索尚未扯落，而線路已斷裂，本次現地安裝其線路部分所預留長度為 10 公分。於線路安裝時一併依檢知器編號依序鎖固檢知器，檢知器主要安裝於橋梁側面板伸縮縫二側，如圖 4.3 (7)，並利用膨脹螺絲將檢知器鋼索鎖固，其鋼索之預留長度，可依檢知器監測目的及參考橋梁設計之最大安全容許值定訂，而本次檢知器鋼索預留之長度，主要依據橋梁熱脹冷縮原理進行估算，推估所得之變化量約 0.53 公分，故第 1 條預警用之鋼索預留長度為 0.5 公分，第 2 條斷橋監測鋼索，其預留長度因需大於橋梁設計之最大安全容許值（此次以熱脹冷縮之變化量為參考依據），故預留長度為 5 公分。另簡易迴路式警示系統感應線路子系統安裝部分，則將電源線、電（纜）線與束制器(Breaker)安裝於橋梁側面板，直至形成監測迴路，並於橋梁伸縮縫處利用束制器(Breaker)將線路束制，如圖 4.4 (7)~(8)，束制時其線路預留長度至少需大於橋梁設計之最大安全容許值，故本次線路亦依熱脹冷縮所推得之長度為依據，預留長度為 10 公分。

### 3. 控制器子系統安裝

檢知器控制器子系統安裝部分，則將控制器模組、GPRS 傳輸模組、充放電控制模組安裝於儀器箱內，並將 RS485 傳輸線等線路接於控制器，如圖 4.3 (8)，即完成檢知器警示系統之安裝項目；而簡易迴路式因為無控制器之系統，故僅需將傳統繼電器(Relay)安裝於儀器箱內，並將電纜線接於繼電器，如圖 4.4 (9)，即可完成簡易迴路式警示系統安裝項目。

### 4. 警示系統測試

警示系統完裝完成後即進行系統測試，以確認安裝是否正確，系統運作是否正常，於檢知器警示系統測試部分先利用控制器之手動測試按鈕，直接測試警示設施是否會啟動；測試完成後，則將檢知器 1 條鋼索之強力磁鐵拔除，測試當 1 條鋼索扯落時，警示設施有無啟動，檢測系統邏輯是否運作正常；另將檢知器 2 條鋼索之強力磁鐵一併拔除，如圖 4.3 (9)~(11)，模擬斷橋發生時，扯落鋼索，啟動檢知器之狀態，以測試整體系統運作狀態；系統運作測試完成後，另將控制器上之 RS485 傳輸線暫時拔除，測試線路斷線時（但檢知器未啟動），警示設施有無啟動，控制器是否能正確判別斷線或落橋。簡易迴路式警示系統測試部分，因無控制器系統，故僅需將接於繼電器(Relay)之電纜線拔除，測試警示設施是否會啟動，系統安裝是否正確即可，如圖 4.4 (10)~(12)。

經由現地測試結果可知，將檢知器強力磁鐵拔除，模擬斷橋時扯斷之行為，警示系統便即時啟動，提供用路人警示，且現場檢知器警示系統之控制器亦顯示檢知器啟動位置及原因，並將檢知器作動訊號傳回控制中心，使遠端管理單位同步獲得現場橋梁破壞資訊；而簡易迴路式於電纜線拔除時，亦會即時啟動警示系統。綜合整體現地試驗成果而言，目前所研發之檢知器警示系統及簡易迴路式警示系統於現地安裝完成後，至今仍持續穩定運作，雖曾因 GPRS 傳輸格式問題而造成 GPRS 當機，但將格式進行修改，排除問題後，已持續穩定運作，且模擬測試亦皆能即時啟動警示系統，達到警示之功效。



(1) 架設支撐立柱



(2) 安裝儀器箱



(3) 安裝LED閃燈及太陽能



(4) 安裝警示燈



(5) 安裝蜂鳴器



(6) 固定RS485傳輸線及警示燈電源線（以PVC管保護）



(7) 鎖固檢知器



(8) 安裝控制器



(9) 檢知器系統測試



(10) 警示設備測試



(11) 警示設備測試

圖 4.3 檢知器警示系統現地安裝示意圖





(1) 架設支撐立柱



(2) 安裝儀器箱



(3) 安裝LED閃燈及太陽能



(4) 安裝警示燈



(5) 安裝蜂鳴器



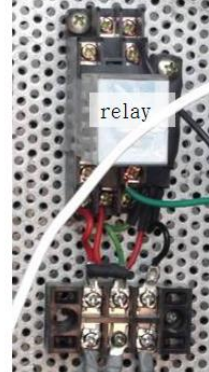
(6) 固定RS485傳輸線及警示燈電源線（以PVC管保護）



(7) 於伸縮縫束制迴路纜線



(8) 於伸縮縫束制警示燈電源線



(9) 安裝繼電器(relay)



(10) 迴路系統測試



(11) 警示設備測試



(12) 警示設備測試

圖 4.4 簡易迴路式警示系統現地安裝示意圖



### 4.3 教育訓練

本計畫配合研究成果，包含改良後之橋梁斷橋警示系統及所研擬之操作、維護文件等文件，辦理教育訓練（流程如圖 4.5 所示），並配合教育訓練安排現地參訪行程，另編纂相關教材，推廣橋梁斷橋警示系統，期能提升各相關單位對此技術之了解與信賴。

本計畫之教育訓練舉辦日期為 100 年 11 月 9 日，地點於交通大學電資中心第 1 會議室，參與人員包含公路總局各區養護工程處與各工務段之工程人員，以及國道高速公路局、縣市政府與鄉公所等代表，其報名人數共 62 人，實際參與人數則為 51 人。講習課程內容綱要包含：第二代斷橋警示系統研發及架構（主講人：林教授志平），以及警示系統現地安裝案例及相關流程介紹（主講人：吳副工程師瑋晉），本次教育訓練並包含警示系統安裝橋梁現地參觀，其相關教育訓練議程，如圖 4.6，相關教育訓練現場照片實況如圖 4.7 及圖 4.8 所示。與會貴賓在綜合討論時間，針對系統架構與現場安裝等方面熱烈發表意見及交流討論，會議於下午五點整圓滿落幕。此次教育訓練與會人員之意見如附錄 6 所示。

為要求及鼓勵學員全程參與本課程，本教育訓練於每堂課辦理簽到手續，完成本教育訓練之人員由交通大學核發參訓證書乙份(缺課達 1/4 者，不予核發)。本課程亦提供公務人員學習點數辦理。

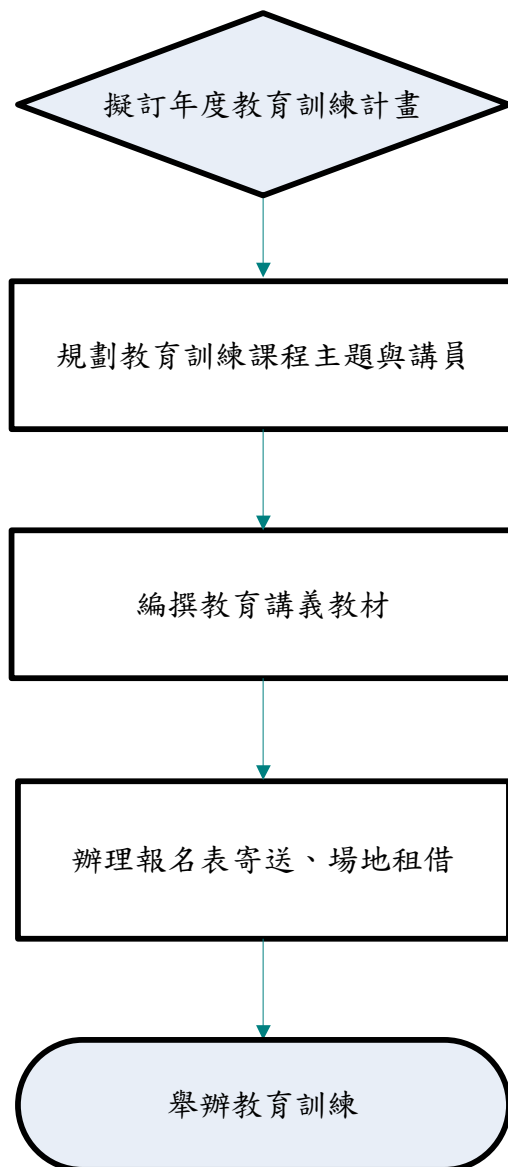


圖 4.5 教育訓練流程

## 建置橋梁斷橋警示系統之研究（二） 教育訓練

時 間	講 題
09:30~10:00	報到
10:00~10:10	開幕致詞
10:10~10:50	<b>第二代斷橋警示系統研發及架構</b> 主講人：國立交通大學 林志平 教授
10:50~11:00	休息
11:00~11:30	<b>警示系統現地安裝案例及相關流程介紹</b> 主講人：國立交通大學 吳瑋晉 副工程師
11:30~12:00	<b>綜合討論</b> 【與會講員及研發人員】
12:00~13:00	午餐
13:00~17:00	<b>現地安裝橋梁參訪-梅南橋</b> (開車自行前往或搭遊覽車) 主講人：國立交通大學及研發團隊

委辦單位：交通部運輸研究所

受託單位：國立交通大學防災與水環境研究中心

圖 4.6 教育訓練議程



圖 4.7 建置橋梁斷橋警示系統教育訓練-與會人員



圖 4.8 建置橋梁斷橋警示系統教育訓練-現地參訪



## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

本研究針對 99 年研究成果，除將所提出之系統作進一步精進與改良外，並以更經濟、簡單、可靠的方式，使系統在橋梁破壞發生時可提供用路人及養護單位即時資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷，並將研發之系統推廣至公路管理機關，俾利協助第一線橋梁管養單位，此為本計畫重要源由與目的。相關研究成果與結論如下：

1. 本計畫斷橋警示系統定位為一最終防線，意即在斷橋發生時即時啟動警示，避免用路人在不之前方危險而誤入；另考量管理單位之需求，於改良後之檢知器警示系統中提供異常通知之概念，提醒管理單位系統可能有狀況，應立即至現地檢視，惟此設計方式仍非「預警」系統，輔助提供管理單位相關資訊，以因應管理單位之需求。
2. 本計畫基於 99 年研究成果，將該所提出之簡易迴路式、檢知器警示系統與時域反射 (Time Domain Reflectometry, TDR) 系統作進一步精進與改良，並維持簡單、可靠、設置及維護成本低、易於組裝，校正及維護等需求，其改良之成果、需求與應用方向分述如下：
  - (1) 簡易迴路式警示系統：其係利用電纜線在橋梁側形成一封閉迴路之原理，並可搭配警示設施及簡訊發送器；另為解決第一代橋梁斷橋警示系統簡易迴路式警示系統無誤觸誤報判釋、相關後端系統化管理等功能限制，在經濟性、安全性及可靠度考量下，將系統改良後，維持無控制器設計，但增設一組檢測迴路以提升可靠度及增設簡訊發送器通知管理單位，並採用傳統之繼電器降低安裝複雜度。建議應用於規模小、重要性較低或預算較少等便道、小橋。
  - (2) 檢知器警示系統：基於迴路式，除迴路式功能外，係將檢知器以連續串聯方式裝置於橋梁可發生相對變位處，可提供誤報排除機制及斷橋定位功能，搭配警示設施、無線傳輸系統及主機控制器等進行監測，為解決第一代橋梁斷橋警示系統檢知器警示系統因檢知器定位方式使其接線施工較為繁瑣，且需以專業電子人員輔助設定主機系統，確保系統運作等限制，其改善之方式主要係以 RS485 傳輸方式改善檢知定位達到簡易安裝隨插即用，並增加檢知鋼索數目提供使用之彈性及多向性，及進行檢知器模組、密封化等項目，以提升系統之可靠度，維持易於組

裝、維護之需求。而因系統具備自我偵錯之功能，能即時了解橋梁現況有無異常，藉由搭配網頁，將系統資料上傳，同步掌握橋梁之情況，使災害後可透過網頁迅速了解橋梁或道路受損情況，做為後續應變計畫、救援、救災路線擬定之依據。建議可應用於重要性較高之橋梁建議可應用於重要性較高之橋梁。

- (3) TDR 警示系統：主要係將纜線佈設於橋梁，搭配 TDR 主機與無線傳輸等系統進行監測，可提供誤報排除機制及斷橋定位功能，為解決因 TDR 主機規格限制，造成落橋時有延遲反應之問題，其改善之方式主要係透過不同主機之型式如 USB TDR 等解決時間延遲之問題，但因目前 TDR 斷橋監測系統其電路規格較高，建議做為未來以 TDR 為核心之整合性橋梁監測系統。

上述檢知器與 TDR 警示系統均具備遠端檢測之功能，可搭配網頁，將系統資料上傳、顯示，同步掌握橋梁之情況，因此檢測人員可直接於遠端得知現地橋梁與儀器之情況，減少後續維護所需之人員及工時。

3. 本計畫完成專家座談會議與教育訓練，並將與會相關專家學者意見與建議回饋本計畫，以對警示系統進行相關修正與改善，包含各系統架構與實際可應用範圍確認，現場系統裝置、管理與維護細則說明。
4. 考量後續為能提供公路管理機關實務上使用，並易於推廣至公路管理機關，故將上述改良後之系統於苗栗梅南橋進行現地長期穩定性測試，評估檢知器與簡易迴路式警示系統實際現地應用狀況；第二代檢知器警示系統能可靠地於檢知器鋼索拔除，模擬斷橋情形時，即時啟動警示系統，達到警示之功效，且同步將資料回傳至遠端管理中心，使管理者可隨時掌握橋梁狀態，並因檢知器警示系統線路採用 RS485 傳輸線與模組、規格化後，大幅減少繁雜之線路搭接程序，縮短安裝時間，達到簡易安裝之目的；簡易迴路式警示系統亦能於迴路拔除後，即時啟動警示設施，並因採用傳統之繼電器而降低安裝複雜度，建議可額外配合簡訊發送器，以便斷橋發生時可通知管理單位。
5. 本計畫基於研發成果，並考量經濟性及後續易於推廣與實務上之使用，建議以檢知器與簡易迴路式警示系統為主軸。另於附錄提出所研發之 3 種斷橋警示系統對應之系統組裝、維護及操作手冊，可供實際管理人員參考。



## 5.2 建議

針對本研究所研發之斷橋警示系統，以及相關延伸課題，提出以下建議：

1. 建議後續能藉由公路總局等相關實務單位協助，持續進行更多現地橋梁安裝測試，以了解不同橋梁型式實際應用之情形，並透過實測提升管理者與用路人對此技術之了解與信賴。
2. 後續橋梁斷橋警示系統安裝之選擇，可參考交通部公路總局「橋梁重要程度等級之建立<sup>[28]</sup>」報告中的重要性評估表進行分級，其主要係針對生命安全、經濟衝擊、維生管線等項目加權計算，以評定該座橋梁之重要性，以此重要性評分之結果做為選擇警示系統型式之依據。
3. 本研究所研發之檢知器警示系統，因設置兩道不同拉伸長度之檢知，除可避免斷橋之誤報，可藉由一道較短、較保守的拉伸設置，提供管理單位斷橋前橋梁異常之預警。
4. 未來警示系統安裝時，可依管理單位之特殊需求，將警示系統安裝於中央分隔帶或使用門架式裝設警示設備，確保內側車輛不會因外側車輛遮擋而無法看到警告標誌，並依其需求採用明顯易懂且具警示效果之標示，必要時可額外搭配柵欄封橋設備進行管控。安裝時皆需注意系統安裝之位置，避免影響用路人之路權，同時亦需加裝防竊設備防止系統遭竊。而後續警示系統實際應用、裝置時，建議能加強宣傳、推廣，以降低民眾恐慌，提升用路人對此系統之信任與了解，可將其與現有之道路交通安全條例等規範相互結合，確保系統能有效發揮設置之目的。
5. 雖目前電信業者之「適地性簡訊廣播服務」( LBS, Location Based Service ) 系統，目前尚無法與外界主機系統直接搭配使用，達到斷橋時，即時針對橋梁附近用路人發送簡訊之功能；但未來警示系統安裝時，其後端管理系統部分，建議仍可與其系統相互配合，於斷橋發生後，藉由管理人員通報電信業者，針對斷橋附近之用路人進行簡訊發送，避免周遭之用路人持續誤入；亦或可搭配運研所所研發之主動式告知服務系統（智慧型手機語音廣播系統）加以輔助，俾使警示系統確實發揮效果。
6. 雖目前 TDR 技術門檻較高，但由於 TDR 型式除斷橋警示系統應用之外，對於邊坡滑動、結構體完整性監測等，有其發展潛力，建議後續可將檢知器與 TDR 搭配建立一綜合型之監測系統，搭配水位、傾斜、雨量及柵欄封橋等擴充功能，形

成整合性之防災監測系統，以便於災害發生時，同步獲得各項監測資料。

## 參考文獻

- [1]. 內政部消防署全球資訊網(2009)，「行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會南部辦公室新聞稿-政府全力搶通莫拉克颱風阻斷的道路橋梁。」。
- [2]. 洪曉慧、林詠彬(2009)，「專題報導-高科技橋梁檢測系統建置」，國家地震工程研究中心簡訊，第 72 期。
- [3]. 林思宇(2009)，「風災斷橋破紀錄，學者建議少橋墩大跨徑」，中央社。
- [4]. 國家地震工程研究中心(1999)，「橋梁道路及交通設施震災調查報告。」。
- [5]. María, Victoria. Biezma., and Frank, Schanack.,(2007) “Collapse of Steel Bridges,” Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, pp. 398-405.
- [6]. 許瀨文(2008)，「95 年 0609 豪雨、碧利斯颱風省道災害成因及復建工程執行成效（一）」，臺灣公路工程，第 34，第 7 期，第 36-54 頁。
- [7]. 周郁芳、陳志明、賴桂文、林永敏(2010)，「八八水災橋梁受損實例探討」，水利技師公會聯合資訊網，水利會訊第十三期，第 14-21 頁。
- [8]. 交通部(2001)，「光纖分佈式橋梁及高架道路結構監測技術開發(四)」，張國鎮編著。
- [9]. Lefter, J., (1993) “Instrumentation for Measuring Scour at Bridge Piers and Abutments,” NCHRP Research Results Digest, Transportation Research Board, No. 189.
- [10]. Lin, Y.B., Lai, J.S., Chang, K.C., and Li, L. S., (2006) “Flood Scour Monitoring System Using Fiber Bragg Grating Sensors,” Smart Materials and Structures, 15, pp. 1950-1959.
- [11]. 王仲宇(2009)，「橋梁的健康診斷」，科學發展，434 期，第 18-23 頁。
- [12]. US patent (No. 405,042), 1889, “Draw-bridge signal,” by Moses Hastings Long.

- [13]. US patent (No. 1,213,062), 1917, “Bridge Signal Apparatus,” by Noah O. Baty.
- [14]. US patent (No. 2,650,560), 1953, “Device for detecting unsafe condition of bridges,” by Joseph Bailey Bear.
- [15]. US patent (No. 2,689,341), 1954, “Safety device for indicating shifting of structures,” by Albert W. Holst.
- [16]. US patent (No. 3,522,790), 1970, “Bridge failure warning device,” by Robert J. Cambre and Vincent R. Valley.
- [17]. US patent (No. 5,479,150), 1995, “Bridge failure alarm,” by Douglas L. and Robert A.
- [18]. US patent (No. 6,972,687), 2005, “System and method for detecting a structure failure”, by Robert A. and Fred R.
- [19]. Mercier, J.J., Alvarez, E., Marfil, J., Bloshock, M.J., and Medlock R.D., (2005) “Bridge Collapse Detection System in Texas,” Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, CD 11-S, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2005, pp. 403–408.
- [20]. Dowding, C.H., Su, M.B., and O’Connor, (1988) “Principles of Time Domain Reflectometry Applied to Measurement of Rock Mass Deformation,” Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 25, pp.287-297.
- [21]. Dowding, C.H., Su, M.B., and O’Connor, (1989) “Measurement of Rock Mass Deformation with Grouted Coaxial Antenna Cables,” Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol. 22, pp.1-23.
- [22]. Singer, J., Schuhback, S., Wasmeier, P., Thuro, K., Heunecke, O., Wunderlich, T., Glabsch, J., and Festl, J., (2009) “Monitoring the Aggenalm Landslide using Economic Deformation Measurement Techniques,” Austrian Journal of Earth Sciences, Vol. 102, pp. 20-34.
- [23]. Su, M.-B., Chen I-H., and Liao, C.-H., (2009) “Using TDR Cables and

- GPS for Landslide Monitoring in High Mountain Area,” Journal of Geotechnical and Geoenvironment Engineering, ASCE, Vol. 135, pp. 1113-1121.
- [24]. Lin, M.W. and Thaduri, J., (2005) “Structural Damage Detection Using an Embedded ETDR Distributed Strain Sensor” Subsurface Sensing Technologies and Applications, Vol. 6, No. 4
- [25]. O’Connor, K. M., (2008) “Geotechnical Alarm Systems Based on TDR Technology,” Geotechnical News, June, pp.40-44.
- [26]. Lin, C.-P., (2009) “TDR as Geo-Nerve: Slope Monitoring System Example,” Geotechnical News, Vol. 27, No. 1.
- [27]. 盧吉勇(2003),「TDR 錯動變形量測之研究」, 碩士論文, 國立交通大學土木工程研究所, 新竹。
- [28]. 國立中央大學(2004),「橋梁重要程度等級之建立」, 交通部公路總局。
- [29]. 國立中央大學(2010),「台灣橋梁安全監測預警系統-系統整合測試報告暨操作手冊」。
- [30]. 國立交通大學(2010),「建置橋梁斷橋警示系統之研究」, 交通部運輸研究所
- [31]. Practical Technology, LLC, Website [www.practical-technology.com](http://www.practical-technology.com)
- [32]. 經濟部智慧財產局(TW M374560U1), 2010,「橋樑傾斜警告裝置」, 林玉峰。
- [33]. 經濟部智慧財產局(TW M400058U1), 2011,「斷橋警示裝置」, 張立昌、許閔傑、莊傢煊、吳孟津與游政龍。
- [34]. 蕭淑惠(2002),「振動及噪音對重型卡車交通量限制之研究」, 碩士論文, 國立逢甲大學環境工程與科學研究所, 台中。
- [35]. 臺灣地區橋梁管理資訊系統, 網站 <http://tbms.iot.gov.tw/bms2/>



## 附錄 1 橋梁斷橋警示系統組裝、維護及操作手冊





## 附錄 1 橋梁斷橋警示系統組裝、維護及操作手冊

本研究將綜合本計畫之研究成果，針對各項系統現地安裝、現地操作、現地測試及後續維護等部分之作業，建立各相關文件(SOP)手冊，包含前置作業準備、現地儀器安裝建置、檢測程序及維護保養策略之定案，藉以輔助橋梁斷橋警示系統之推廣與應用。手冊內文中提及之相關名詞說明如表 1。

表 1 名詞說明

項次	名稱	說明
1	檢知器控制主機	係指檢知器控制系統，內含控制器模組、遠端傳輸模組、充放電控制模組等
2	簡易迴路式控制主機	係指簡易迴路式控制系統，因本系統無控制器，故僅為單純之繼電器開關
3	TDR 控制主機	係指檢 TDR 控制系統，內含 TDR 主機、控制單元、遠端傳輸模組、充放電控制模組等
4	繼電器(Relay)	為一種簡易電子控制器件，具有控制系統與被控制系統
5	電（纜）線	為簡易迴路式監測線路，可採用電纜線(Cable)或傳統之單心線等線路
6	束制器	主要係束制線路，以藉用應力集中效應，強制線路斷裂，可用膨脹螺栓或 L 型角鋼等。束制時建議採用繞 8 字形之方式，具有較佳之束制效果
7	遠端傳輸模組	主要係將現地資料傳回後端管理中心，可利用手機 SIM 卡之 GSM/GPRS 功能傳輸，或透過 ADSL 等方式進行傳輸
8	控制器模組	係指本研究所研發之檢知器控制器，主要係接收檢知器訊號，並判斷現地檢知器之狀態，以便啟動警示設施，另藉由遠端傳輸模組將資料回傳
9	充放電控制模組	此一設備主要功能係將市電或太陽能電力，轉為可供蓄電池使用之電力
10	警示設施	泛指警示閃燈、LED 警示燈或蜂鳴器等用於警示用路人之設備
11	供電系統	此係指能提供警示系統所需電力之設備，可使用太陽能板搭配蓄電池或市電搭配不斷電系統等，做為警示系統之供電

### 警示系統組裝、操作流程

檢知器與簡易迴路式二種警示系統，其警示系統現地裝設流程主要分為四部分，包含前置作業、現地安裝、現地測試及儀器保護等，並提供安裝時各部分相關檢核項目

如附錄 2，而安裝之各項工作詳細說明如下：

## 1. 檢知器警示系統（圖 1）

### (1) 前置作業

- ① 在進行系統安裝前，需先進行現勘，確認系統整體架構，如僅於橋梁一側安裝檢知器控制主機或左右二側皆安裝檢知器控制主機。並了解欲安裝之橋梁為何種型式，如鋼橋、混凝土橋或連續梁橋。依不同橋梁型式調整儀器設備、線路及檢知器等安裝位置、鎖固方式，如鋼橋需採用焊接之方式進行安裝、固定；而連續梁如無伸縮縫，其檢知器可安裝於橋側面板與橋墩之間以進行監測，如圖 2，並依其安裝位置確認檢知器數量、電源線及聚氯乙烯(PVC)管等相關線路所需之長度。
- ② 依照檢知器安裝之位置（如伸縮縫或橋面版與橋墩介面等）及監測方式（如 2 條鋼索皆垂直、水平或一垂直一水平等），並參考橋梁設計之最大安全容許值，定訂檢知器鋼索及相關線路所需預留之長度。如檢知器其中 1 條鋼索係做為預警之用，另 1 條作做為斷橋監測之用，則預警用之鋼索預留長度可略小於橋梁設計之最大安全容許值，另斷橋監測用之鋼索預留長度則需大於橋梁設計之最大安全容許值（建議大於上述鋼索之 2~3 倍）；此外束制於伸縮縫之電源線及 RS485 傳輸線等線路之預留長度，皆需大於檢知器鋼索之最大預留長度。
- ③ 依道路交通標誌標線號誌設置規則與行車速限及駕駛人反應時間等原則，選擇合適之 LED 警示燈、警示閃燈、警報器及儀器箱等設備佈設位置及固定方式，並確認警示設施是否能外接電源線、警報器分貝數、警示燈之亮度及型式，同時確認各設施所需要之立柱長度。
- ④ 調查橋梁周遭是否有市電可搭配不斷電系統(UPS)，如無則可改以太陽能搭配蓄電池供電，同時亦需確認所需 UPS、蓄電池與太陽能板容量。

此前置作業最主要之工作，除了確認施作橋梁位置外，另需調查各項欲安裝之儀器位置及數量等，並依現場環境選擇合適之儀器型式，以便斷橋事件發生時，各設施皆能發揮其預期之功能。



圖 1 檢知器警示系統現地安裝流程

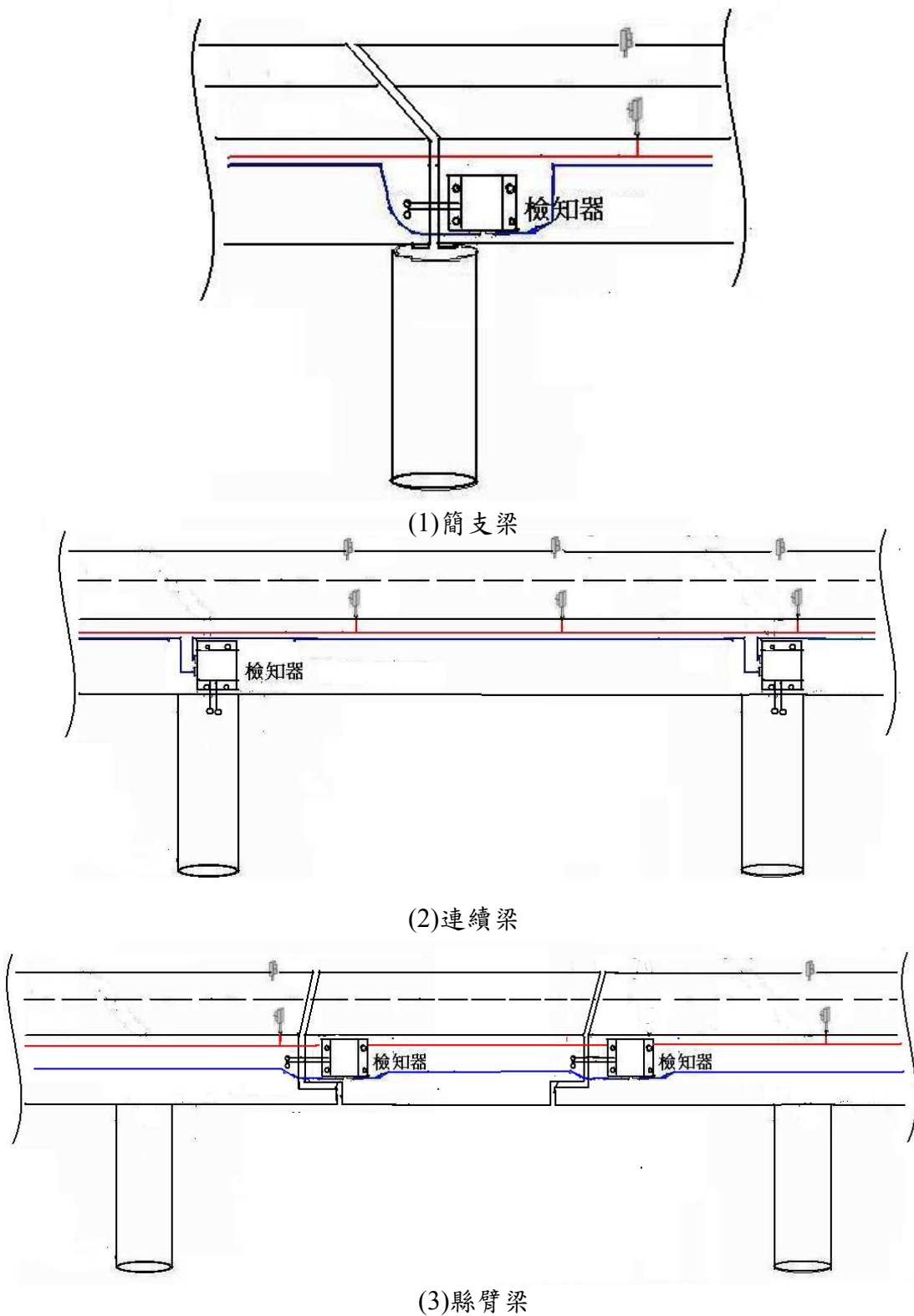


圖 2 檢知器警示系統安裝於不同型式之橋梁示意圖

## (2) 現地安裝

- ① 安裝時建議先架設各項儀器設施之支撐立柱，如圖 3，架設前需先鑽設支撐立

柱所需要之地基，如圖 3 (1)至(2)，完成後則使用混凝土進行回填，如圖 3 (3)至(7)，確保支撐立柱穩定不搖晃，而警示閃燈之支撐立柱則可架設於護欄外側，如圖 6 (1)至(4)，利用膨脹螺絲進行固定；同時確認儀器端與橋頭供電系統部分是否遠離橋台，避免橋梁發生破壞時，儀器端一同遭受破壞而無法發揮功效，且支撐立柱架設之位置亦不可影響駕駛人之路權。

- ② 支撐立柱架設完成後，則安裝儀器箱、警示設施（LED、蜂鳴器及閃燈等）與二者之供電設備（包含充放電控制器，太陽能板或市電並輔以蓄電池或 UPS），如圖 4 至圖 7，安裝前需先於各設施架設固定背板或 U 型環固定器，如圖 4 (1)至(6)、圖 5 (1)至(2)與圖 7 (1)至(3)，再行安裝於支撐立柱適當位置，如圖 4 (7)至(9)與圖 5 (3)至(5)。並確認太陽能板與警示設施所架設之角度，如圖 5 (6)至(10)、圖 6 (7)至(8)與圖 7 (4)至(5)，同時警示設施皆需預留外接電源線，如圖 6 (5)至(6)；安裝完成後即可直接將警示設施接於蓄電池，以測試警示系統是否運作正常及確認警示燈方向是否能正確警示用路人。
- ③ 將電源線、RS485 傳輸線與束制器(Breaker)安裝至預定位置，並使用聚氯乙烯(PVC)管保護，如圖 8。線路主要沿橋梁之側面板進行安裝，如圖 8 (1)至(3)，並利用管線夾固定，如圖 8 (4)至(5)，通過伸縮縫處之線路需加裝束制器束制，如圖 8 (8)，電源與 RS485 傳輸線線路束制預留長度可參考橋梁設計之最大安全容許值定訂，但需大於檢知器鋼索最大預留長度，以避免橋梁破壞時，檢知器鋼索尚未扯落而電源與 RS485 線路已斷裂。另需將電源線與相關警示設施連接，如圖 8 (6)至(7)，以便後續系統進行測試。
- ④ 於線路安裝時可一併依檢知器編號依序鎖固檢知器，如圖 9，檢知器主要安裝於橋梁側面板伸縮縫、橋側面板與橋台交界處或橋側面板與橋墩交界處等易於破壞位置，如圖 9 (1)，安裝時先安裝檢知器背板，如圖 9 (2)至(3)，再將檢知器鎖固於背板上，如圖 9 (4)，並利用膨脹螺絲將檢知器鋼索鎖固使橋梁發生破壞時可立即扯落鋼索，啟動警示。其鋼索之預留長度，可依檢知器監測目的及參考橋梁設計之最大安全容許值定訂，如圖 9 (5)至(8)。檢知器安裝完成後則將 RS485 傳輸線連接於檢知器，以便傳輸訊號，如圖 9 (9)至(11)，同時記錄檢知器編號與其所對應安裝之位置（如 1 號檢知器安裝於 A1 伸縮縫等），以便未來橋梁發生破壞時，能由啟動之檢知器編號得知橋梁哪一處發生破壞，立即掌握現場情況。



- ⑤ 線路安裝完成後則於儀器箱內安裝控制器模組、遠端傳輸模組、充放電控制模組及警示設施控制繼電器等，如圖 10，並將儀器箱之太陽能板、蓄電池及控制器電源接頭接於充放電控制模組，如圖 10 (1)至(3)。另將警示設施之電源線一端接於供警示設施使用之蓄電池，而蓄電池及警示設施之另一端電源線則接於繼電器上，如圖 11，安裝完成後則將警示設施控制繼電器、檢知器傳輸線路 RS485、及遠端傳輸模組傳輸線路與電源接於控制器，如圖 10 (4)至(6)。另為了保護儀器在斷橋事件發生時，不因線路遭扯落而受影響，故建議於儀器端旁設置束制器(Breaker)，將線路束制於束制器，當斷橋事件發生時，可強制纜線於束制器處扯斷，避免直接拉扯儀器，造成系統損壞。
- ⑥ 當系統皆安裝完成後，即可將檢知器鋼索強力磁鐵拔除，測試整體系統運作狀態，以檢核各儀器及線路是否安裝正確。



圖 3 架設各設施之支撐立柱



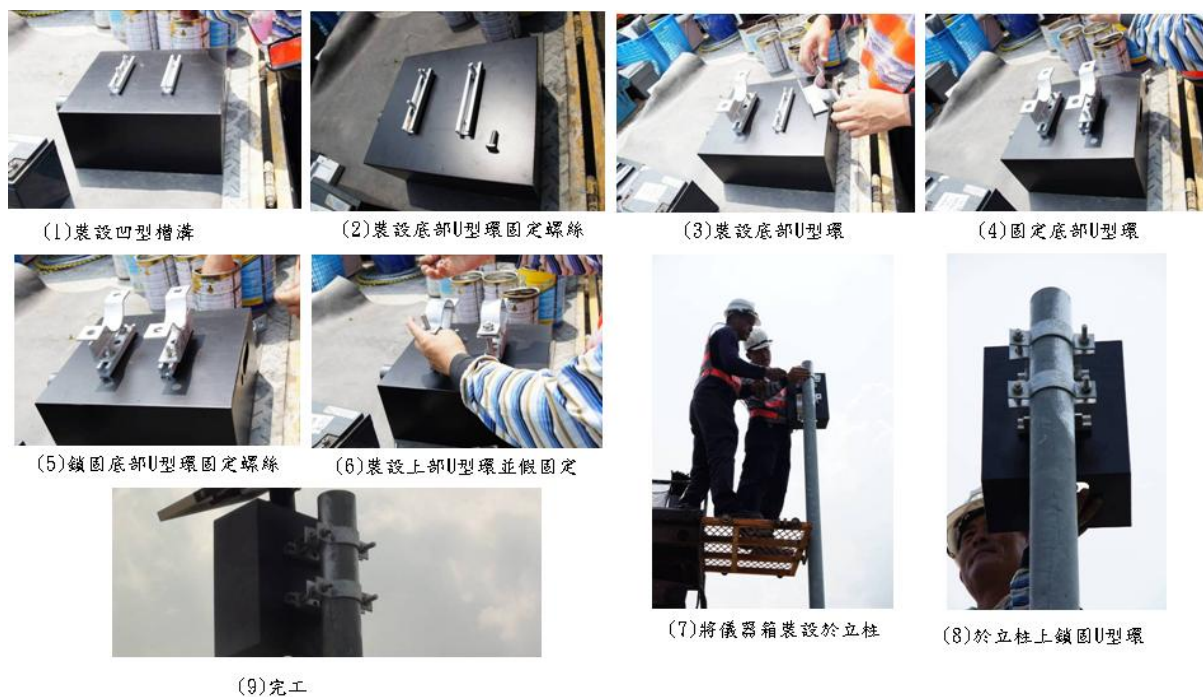


圖 4 安裝儀器箱及電池箱



圖 5 安裝 LED 牌面及太陽能板



(1) 固定警示燈立柱



(2) 鎖固上方面板膨脹螺絲



(3) 鎖固側邊面板膨脹螺絲



(4) 警示燈立柱架設完成



(5) 鎖固警示燈面板



(6) 確認警示燈外接電源線



(7) 架設警示燈



(8) 調整警示燈方向，完工

圖 6 安裝警示閃燈



(1) 確認蜂鳴器安裝位置



(2) 固定蜂鳴器背板



(3) 鎖固背板固定螺絲



(4) 調整蜂鳴器方向



(5) 完工

圖 7 安裝蜂鳴器





圖 8 固定傳輸線（或電纜線）及電源線



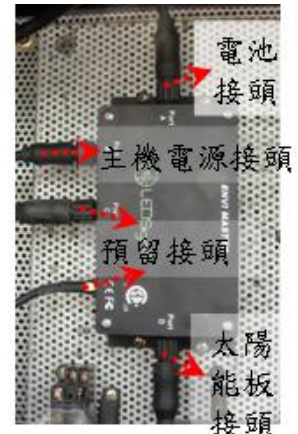
圖 9 鎖固檢知器



(1) 將太陽能板接頭接於  
充放電控制器



(2) 將電池接頭接於充放電控制器



(3) 安裝充放電控制模組



(4) 鎖固控制器及相關線路



(5) 安裝GPRS模組



(6) 完工

圖 10 安裝檢知器控制器

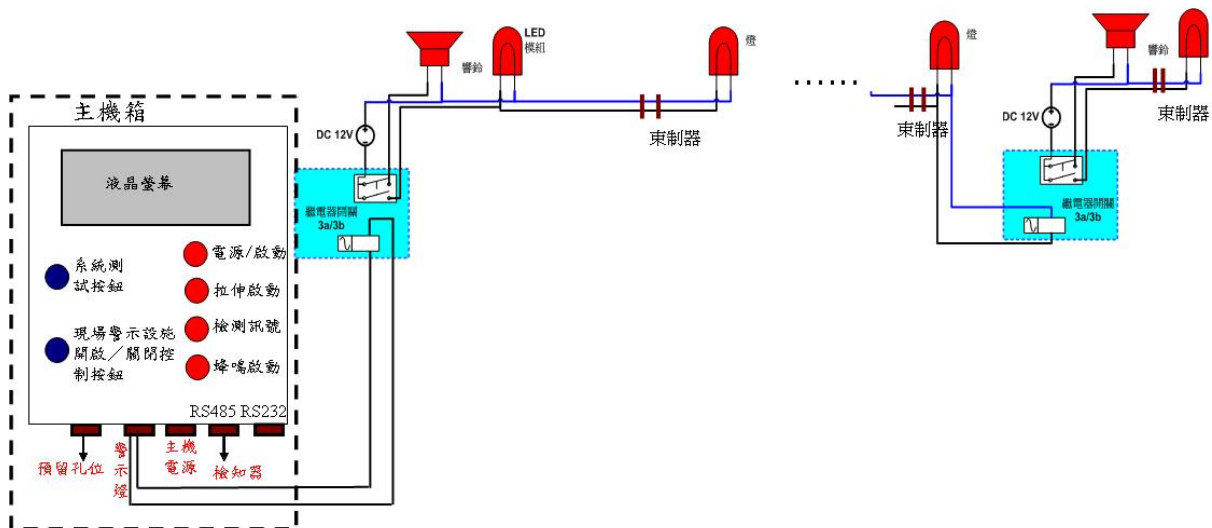


圖 11 檢知器之警示設施接線至控制器示意圖

### (3) 現地測試

① 警示設施測試部分，於警示系統安裝完成後，即可利用控制器之手動測試按鈕

直接測試警示設施是否會啟動，如圖 12 (1)，確認警示設施亮度及聲音是否清楚，如圖 12 (2)至(3)，並檢視主機系統螢幕顯示是否正常，以了解警示設備與主機端接線是否正確。

- ② 手動測試完成後，則可將檢知器 1 條鋼索之強力磁鐵拔除，測試當 1 條鋼索扯落時，警示設施有無啟動，檢測系統邏輯是否運作正常，警示系統啟動邏輯為如僅 1 條鋼索扯落，則警示系統不啟動，僅將訊息回傳至管理中心，以避免誤報。另可將檢知器 2 條鋼索之強力磁鐵一併拔除，如圖 12 (4)，模擬斷橋發生時扯落鋼索，啟動檢知器之狀態，以測試整體系統運作狀態，檢測是否會同步觸發警示設施，及控制器系統是否正常作動、螢幕顯示是否同步顯示作動位置及檢知器狀態，如圖 12 (5)至(6)，以了解整體系統運作情形。
- ③ 系統運作測試完成後，則可將控制器上之 RS485 傳輸線暫時拔除，測試線路斷線時（但檢知器未啟動），警示設施有無啟動，控制器是否能正確判別斷線或落橋，如僅線路斷線，但檢知器未啟動，則警示系統不啟動，僅將斷線訊號回傳至管理中心，以避免誤報。
- ④ 於現地警示系統測試期間，可一併檢測後端處理系統其資料接受是否正常，及資料回傳內容是否正確，以了解後端處理系統之運作狀態，如現場檢知器作動時，控制器應主動回傳檢知器作動位置及原因等訊息至後端處理系統；線路斷線時亦皆將訊息回傳；常時則需依管理單位所設之時間（如每 5 分鐘等）回傳現場警示系統資料至後端處理系統。





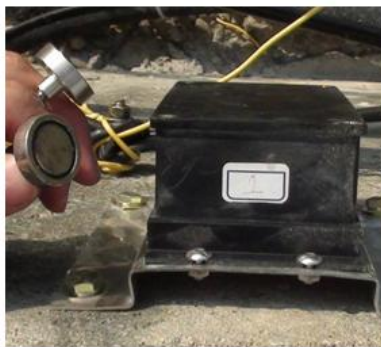
(1) 利用手動按鈕測試警示設施作動情形



(2) 測試LED牌面作動情形



(3) 測試警示閃燈作動情形



(4) 拔除鋼索磁鐵測試整體系統作動情形



(5) 測試控制器面板顯示情形



(6) 測試系統常時運作情況

圖 12 檢知器警示系統測試

#### (4) 儀器保護

- ① 為避免現場儀器遭受人為蓄意破壞，安裝時應儘量避免儀器設備（如管線等）置於主車道上。
- ② 安裝完成後各儀器箱皆應上鎖，太陽能板亦應加裝鎖鏈，避免遭竊。
- ③ 如有架設 CCTV，則可透過 CCTV 進行監看，以避免儀器遭受破壞。

## 2. 簡易迴路式警示系統（圖 13）

### (1) 前置作業

- ① 在進行系統安裝前，需先進行現勘，確認系統整體架構，如僅於橋梁一側安裝簡易迴路式控制主機或左右二側皆安裝簡易迴路式控制主機，線路係採雙迴路或單迴路等。並了解欲安裝之橋梁為何種型式，如鋼橋、混凝土橋或連續梁橋。依不同橋梁型式調整儀器設備、管線及電（纜）線安裝位置、鎖固方式，如鋼橋需採用焊接之方式進行線路安裝、固定；而連續梁如無伸縮縫，其纜線可束制於橋側面板與橋墩之間以進行監測，如圖 14，同時參考橋梁設計之最大安全容許值考量束制時其線路所需預留長度。依其安裝位置確認束制器數量與電

(纜)線、電源線及聚氯乙烯(PVC)管等相關線路所需之長度。

- ② 依道路交通標誌標線號誌設置規則與行車速限及駕駛人反應時間等原則，選擇合適之 LED 警示燈、警示閃燈、警報器及儀器箱等設備佈設位置及固定方式，並確認警示設施是否能外接電源線、警報器分貝數、警示燈之亮度及型式，同時確認各設施所需要之立柱長度。
- ③ 調查橋梁周遭是否有市電可搭配 UPS（不斷電系統）使用，如無則可改以太陽能搭配蓄電池供電，同時亦需確認所需 UPS、蓄電池與太陽能板容量。

此前置作業最主要之工作，除了確認施作橋梁位置外，另需調查各項欲安裝之儀器位置及數量等，並依現場環境選擇合適之儀器型式，以便斷橋事件發生時，各設施皆能發揮其預期之功能。



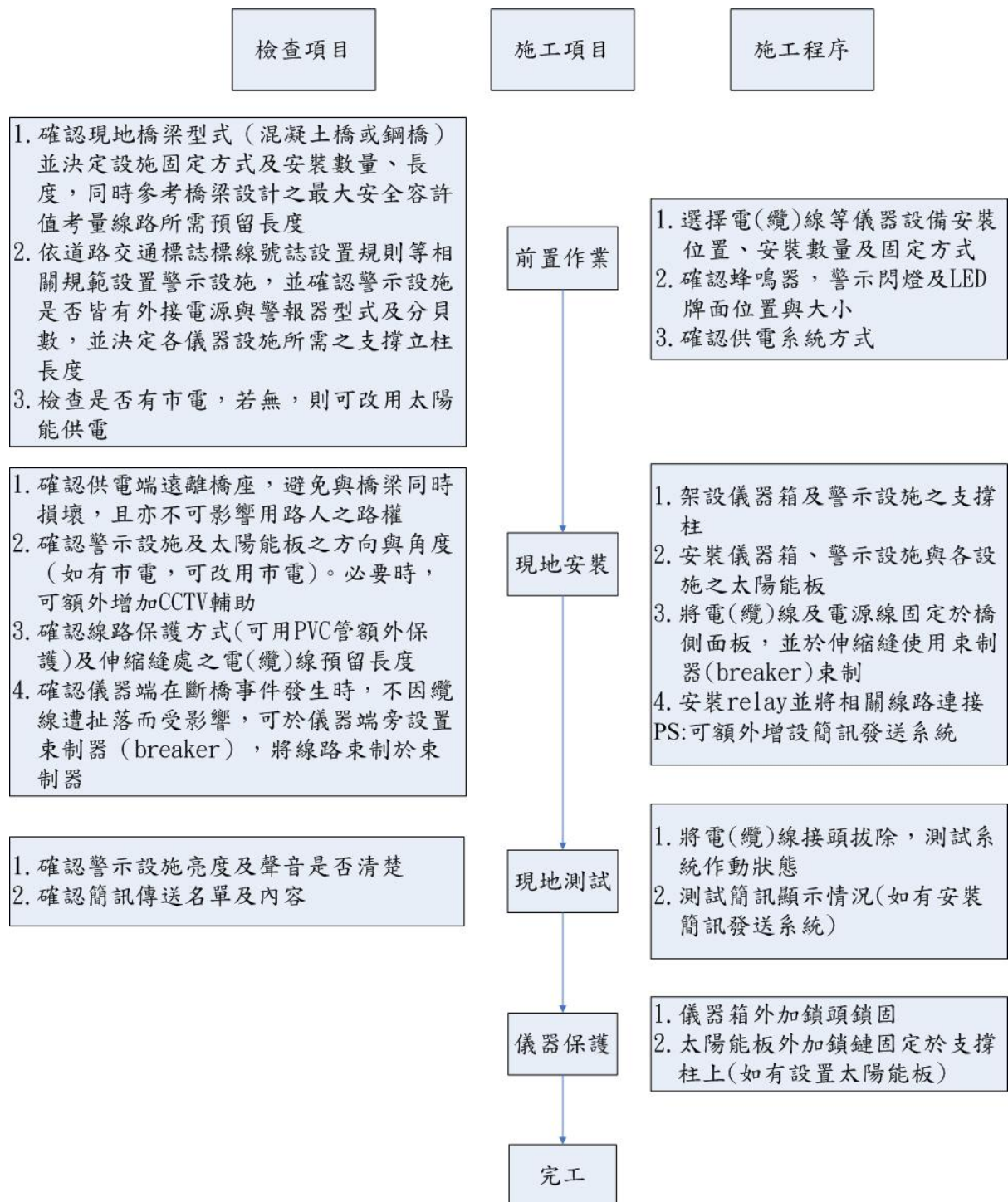


圖 13 簡易迴路式警示系統現地安裝流程

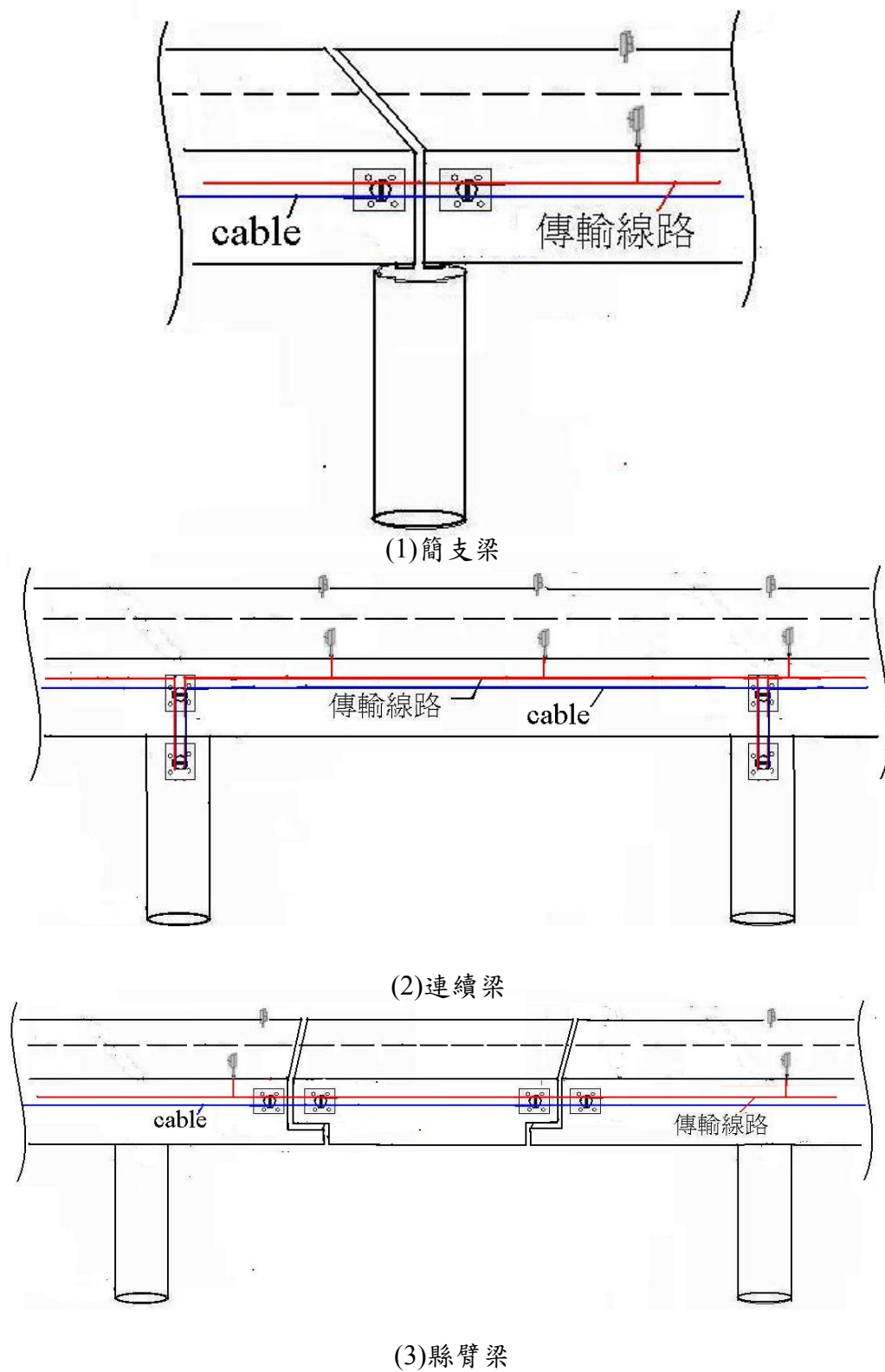


圖 14 簡易迴路式警示系統安裝於不同型式之橋梁示意圖

## (2) 現地安裝

- ① 安裝時建議先架設各項儀器設施之支撐立柱，如圖 15，架設前需先鑽設支撐立柱所需要之地基，如圖 15 (1)至(2)，完成後則使用混凝土進行回填，如圖 15 (3)至(7)，確保支撐立柱穩定不搖晃，而警示閃燈之支撐立柱則可架設於護欄外側，如圖 18 (1)至(4)，利用膨脹螺絲進行固定；同時確認儀器端與橋頭供電系統部分是否遠離橋台，避免橋梁發生破壞時，儀器端一同遭受破壞而無法發揮功效，且支撐立柱架設之位置亦不可影響駕駛人之路權。
- ② 支撐立柱架設完成後，則安裝儀器箱、警示設施（LED、蜂鳴器及閃燈等）與供電設備（包含充放電控制器，太陽能板或市電並輔以蓄電池或 UPS），如圖 16 至圖 19，安裝前需先於各設施架設固定背板或 U 型環固定器，如圖 16 (1)至(6)、圖 17 (1)至(2) 與圖 19 (1)至(3)，再行安裝於支撐立柱適當位置，如圖 16 (7)至(9)與圖 17 (3)至(5)。並確認太陽能板與警示設施所架設之角度，如圖 17 (6)至(10)、圖 18 (7)至(8)與圖 19 (4)至(5)，同時警示設施皆需預留外接電源線，如圖 18 (5)至(6)；安裝完成後即可直接將警示設施接於蓄電池，以測試警示系統是否正常及警示燈安裝方向是否能確實警示用路人。
- ③ 將電源線、電（纜）線與束制器(Breaker)安裝至預定位置，並可使用聚氯乙烯(PVC)管保護，如圖 20。線路主要沿橋梁之橋側面板安裝，如圖 20 (1)至(3)，可配合管線夾固定，如圖 20 (4)至(5)，直至形成監測迴路，而橋梁側面板伸縮縫、橋側面板與橋台交界處或橋側面板與橋墩交界處等易於破壞位置，則需加裝束制器束制線路，如圖 20 (8)，當橋梁發生破壞時可立即扯斷線路，啟動警示，電源線與電（纜）線線路束制預留長度可參考橋梁設計之最大安全容許值定訂，至少需大於橋梁設計之最大安全容許值，避免橋梁未產生破壞而線路已被扯斷，造成誤報；另需將電源線與相關警示設施連接，如圖 20 (6)至(7)，以便後續系統進行測試。
- ④ 線路安裝完成後則於儀器箱內安裝繼電器與蓄電池，如圖 21、圖 22 (1)，並將電（纜）線所佈設之監測迴路、警示設施之線路一端接於蓄電池，而蓄電池與監測迴路及警示設施之另一端線路則接於繼電器上，如圖 21，以便迴路扯斷時，能立即啟動警示設施。另為了保護儀器在斷橋事件發生時，不因纜線遭扯落而受影響，故建議於儀器端旁設置束制器(Breaker)，將線路束制於束制器，當斷橋事件發生時，可強制纜線於束制器處扯斷，避免直接拉扯儀器，造成系統損壞。





圖 15 架設各設施之支撐立柱

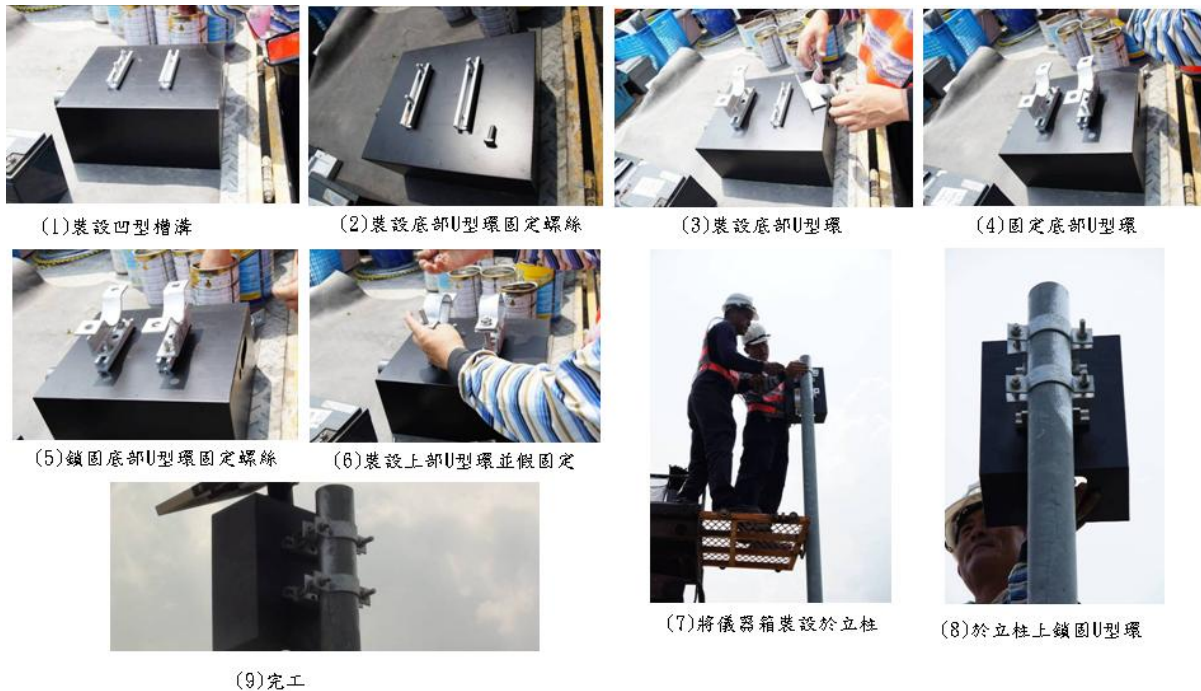


圖 16 安裝儀器箱及電池箱



(1) 確認LED字樣完整性



(2) 背板安裝U型環



(3) 於立柱上固定牌面



(4) 鎖固U型環



(5) 完工



(6) 確認太陽能板瓦數



(7) 確認太陽能板架設方向



(8) 架設太陽能板



(9) 於立柱上鎖固太陽能板



(10) 完工

圖 17 安裝 LED 牌面及太陽能板



(1) 固定警示燈立柱



(2) 鎖固上方面板膨脹螺絲



(3) 鎖固側邊面板膨脹螺絲



(4) 警示燈立柱架設完成



(5) 鎖固警示燈面板



(6) 確認警示燈外接電源線



(7) 架設警示燈



(8) 調整警示燈方向，完工

圖 18 安裝警示閃燈





(1) 確認蜂鳴器安裝位置



(2) 固定蜂鳴器背板



(3) 鎖固背板固定螺絲



(4) 調整蜂鳴器方向



(5) 完工

圖 19 安裝蜂鳴器



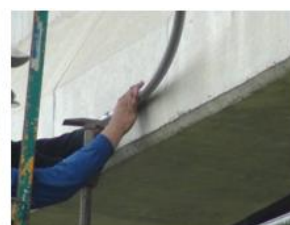
(1) 將傳輸線及電源線套入PVC管



(2) PVC管串接



(3) 沿橋側面板固定PVC管



(4) 鎖固管線夾以固定PVC管



(5) PVC管固定完成



(6) 將電源線與警示燈  
外接電源線搭接



(7) 警示閃燈線路搭接完成



(8) 遇伸縮縫時，利用束制器於伸縮縫二端束制  
傳輸線及電源線

圖 20 固定傳輸線（或電纜線）及電源線

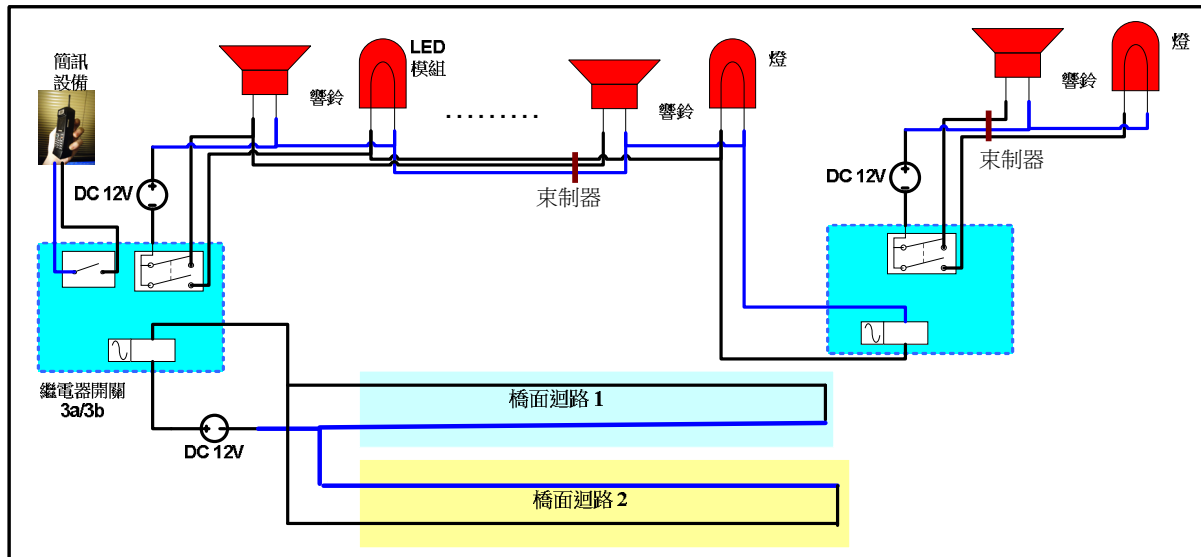


圖 21 簡易迴路式警示系統接線示意圖

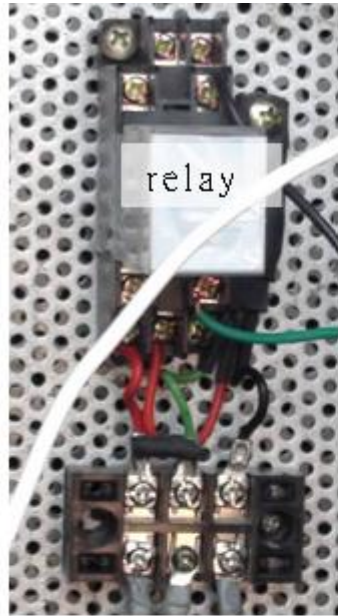
### (3) 現地測試

- ① 當系統安裝完成後，便可利用手動控制進行測試，將電（纜）線接頭端拔除，如圖 22(2)至(4)，以中斷迴路，模擬斷橋時，因電線扯斷造成迴路中斷之情形，測試警示設施是否會啟動，及其亮度、聲音是否清楚，以檢驗系統運作是否正常。
- ② 如有安裝簡訊發送器，則可藉手動測試期間，一併測試其簡訊傳送有無異常，發送名單是否正確。

### (4) 儀器保護

- ① 為避免現場儀器遭受人為蓄意破壞，安裝時應儘量避免儀器設備（如管線等）置於主車道上。
- ② 安裝完成後各儀器箱皆應上鎖，太陽能板亦應加裝鎖鏈，避免遭竊。
- ③ 如有架設 CCTV，則可透過 CCTV 進行監看，以避免儀器遭受破壞。





(1) 安裝relay及線路



(2) 拔除迴路接頭進行測試



(3) 測試LED牌面作動情形



(4) 測試警示閃燈作動情形

圖 22 安裝簡易迴路式繼電器與測試

### TDR 警示系統 (圖 23)

#### (1) 前置作業

- ① 在進行系統安裝前，需先進行現勘，確認系統整體架構，如僅於橋梁一側安裝 TDR 控制主機或左右二側皆安裝 TDR 控制主機。並了解欲安裝之橋梁為何種型式，如鋼橋、混凝土橋或連續梁橋。依不同橋梁型式調整儀器設備、管線及電（纜）線安裝位置、鎖固方式，如鋼橋需採用焊接之方式進行線路安裝、固定；

而連續梁如無伸縮縫，其纜線可束制於橋側面板與橋墩之間以進行監測，如圖 24，同時參考橋梁設計之最大安全容許值考量束制時其線路所需預留長度。依其安裝位置確認束制器數量與電（纜）線、電源線及 PVC 管等相關線路所需之長度。

②依道路交通標誌標線號誌設置規則與行車速限及駕駛人反應時間等原則，選擇合適之 LED 警示燈、警示閃燈、警報器及儀器箱等設備佈設位置及固定方式，並確認警示設施是否能外接電源線、警報器分貝數、警示燈之亮度及型式，同時確認各設施所需要之立柱長度。

③調查橋梁周遭是否有市電可搭配 UPS（不斷電系統）使用，如無則可改以太陽能搭配蓄電池供電，同時亦需確認所需 UPS、蓄電池與太陽能板容量。

此前置作業最主要之工作，除了確認施作橋梁位置外，另需調查各項欲安裝之儀器位置及數量等，並依現場環境選擇合適之儀器型式，以便斷橋事件發生時，各設施皆能發揮其預期之功能。

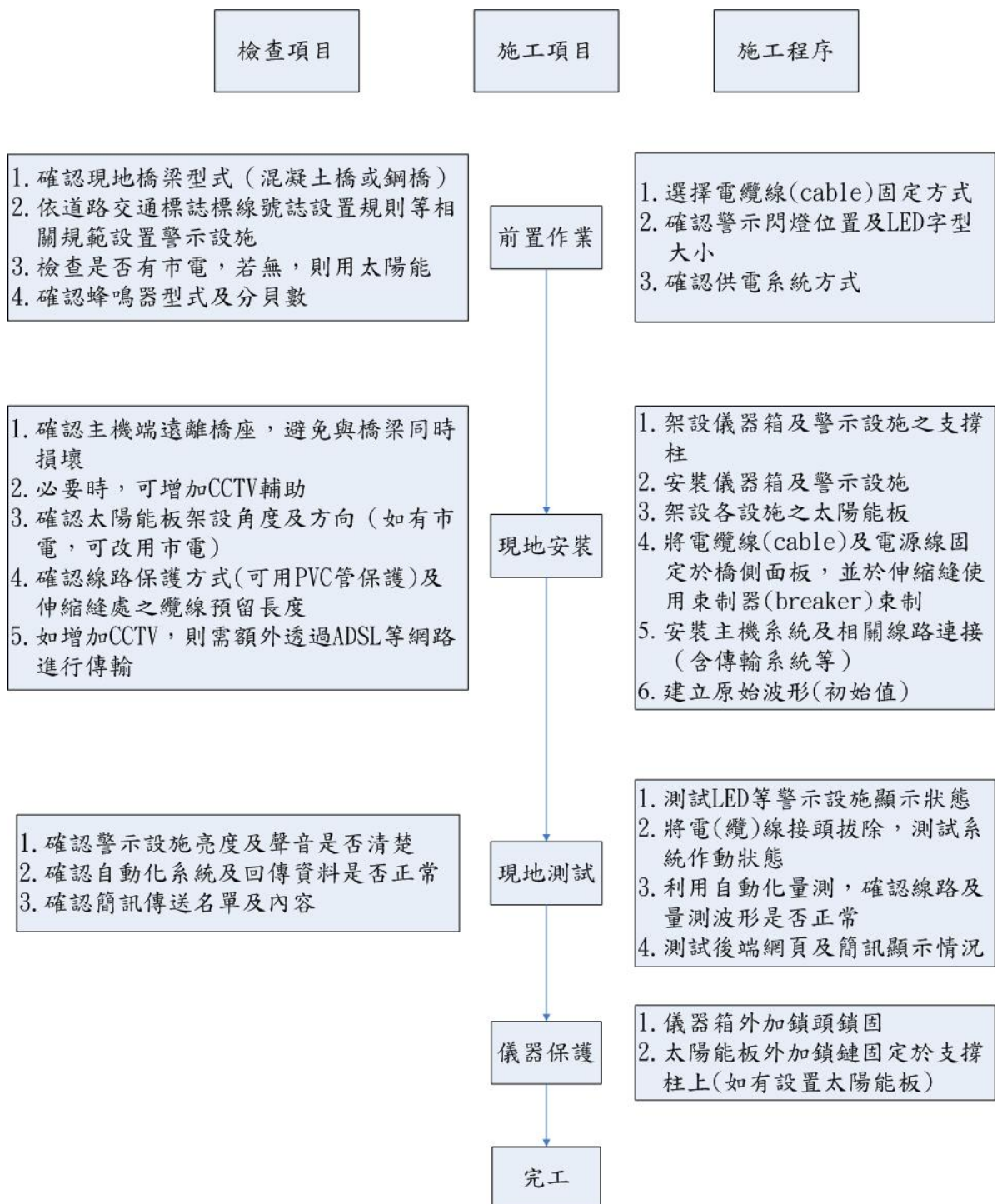


圖 23 TDR 系統現地安裝流程

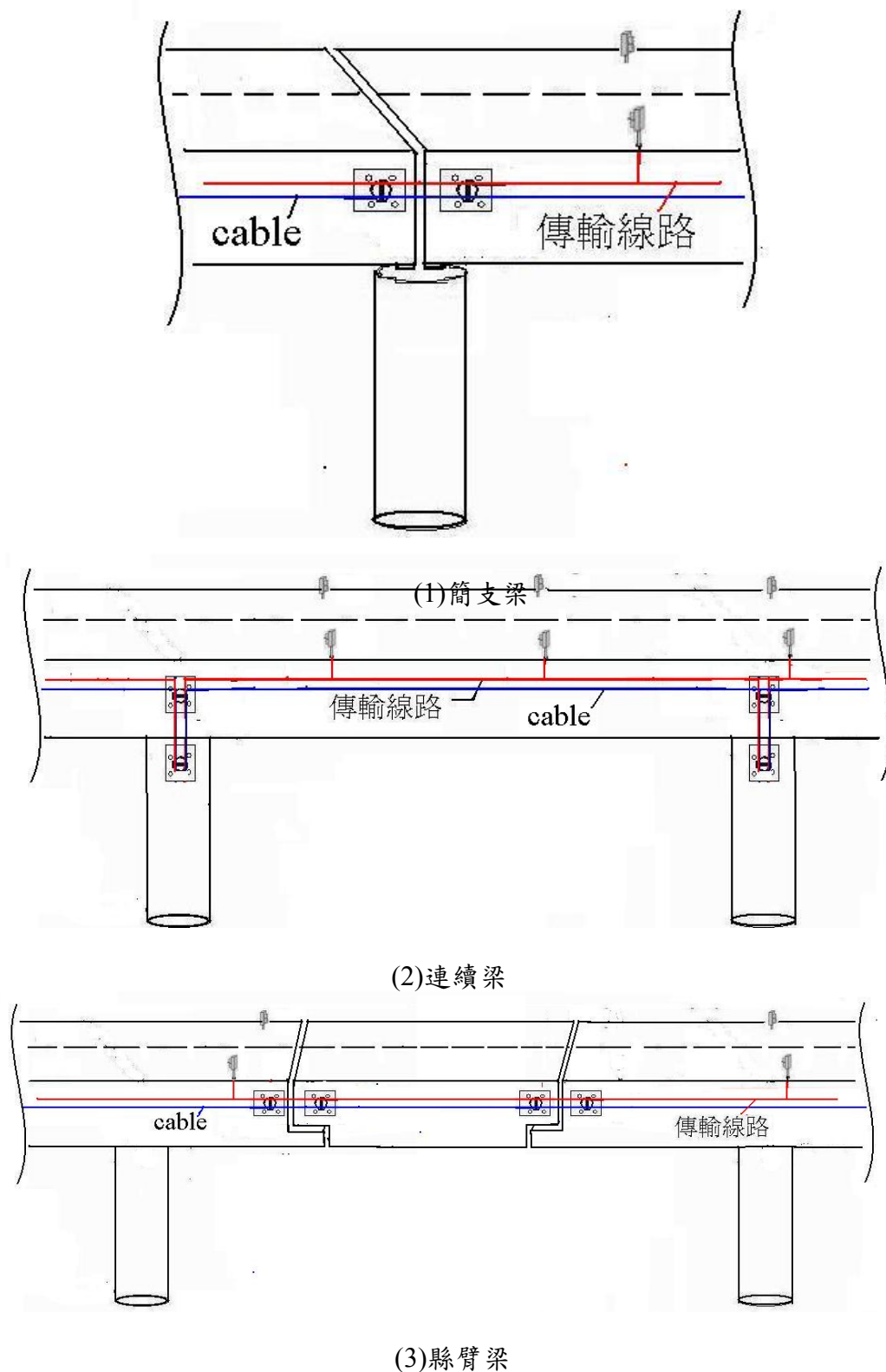


圖 24 簡易迴路式系統安裝於不同型式之橋梁示意圖

(2) 現地安裝

- ① 安裝時建議先架設各項儀器設施之支撐立柱，如圖 25，架設前需先鑽設支撐立柱所需要之地基，如圖 25 (1)至(2)，完成後則使用混凝土進行回填，如圖 25 (3)至(7)，確保支撐立柱穩定不搖晃，而警示閃燈之支撐立柱則可架設於護欄外側，如圖 25 (1)至(4)，利用膨脹螺絲進行固定；同時確認儀器端與橋頭供電系統部份是否遠離橋台，避免橋梁發生破壞時，儀器端一同遭受破壞而無法發揮功效，且支撐立柱架設之位置亦不可影響駕駛人之路權。
- ② 支撐立柱架設完成後，則安裝儀器箱、警示設施（LED、蜂鳴器及閃燈等）與供電設備（包含充放電控制器，太陽能板或市電並輔以蓄電池或 UPS），如圖 26 至圖 29，安裝前需先於各設施架設固定背板或 U 型環固定器，如圖 26 (1)至(6)、圖 27 (1)至(2) 與圖 29 (1)至(3)，再行安裝於支撐立柱適當位置，如圖 26 (7)至(9)與圖 27 (3)至(5)。並確認太陽能板與警示設施所架設之角度，如圖 27 (6)至(10)、圖 28 (7)至(8)與圖 29 (4)至(5)，同時警示設施皆需預留外接電源線，如圖 28 (5)至(6)；安裝完成後即可直接將警示設施接於蓄電池，以測試警示系統是否正常及警示燈安裝方向是否能確實警示用路人。
- ③ 將電源線、電（纜）線與束制器(Breaker)安裝至預定位置，並可使用 PVC 管保護，如圖 30。線路主要沿橋梁之橋側面板安裝，如圖 30 (1)至(3)，可配合管線夾固定，如圖 30 (4)至(5)，而橋梁側面板伸縮縫、橋側面板與橋台交界處或橋側面板與橋墩交界處等易於破壞位置，則需加裝束制器束制線路，如圖 30 (8)，當橋梁發生破壞時可立即扯斷線路，啟動警示，電源線與電（纜）線線路束制預留長度可參考橋梁設計之最大安全容許值定訂，至少需大於橋梁設計之最大安全容許值，避免橋梁未產生破壞而線路已被扯斷，造成誤報；另需將電源線與相關警示設施連接，如圖 30 (6)至(7)，以便後續系統進行測試。
- ④ 線路安裝完成後則於儀器箱內安裝 TDR 主機系統、遠端傳輸模組、充放電控制模組與蓄電池等，如圖 31、圖 32 (1)，並將儀器箱之太陽能板、蓄電池接於充放電控制模組，同時將 TDR 主機與遠端傳輸模組等電源接於蓄電池，另將警示設施之電源線一端接於供警示設施使用之蓄電池，而蓄電池及警示設施之另一端電源線則接於 TDR 主機之乾接點上，如圖 31，以便電（纜）線扯斷時，能立即啟動警示設施。另為了保護儀器在斷橋事件發生時，不因纜線遭扯落而受影響，故建議於儀器端旁設置束制器(Breaker)，將線路束制於束制器，當斷橋事件發生時，可強制纜線於束制器處扯斷，避免直接拉扯儀器，造成系統損壞。



⑤各系統安裝完成後，則針對 TDR 纜線進行原始波形之量測，以做為後續量測資料參考之依據。

⑥量測完成後，即進行自動化監測之設定，以進行後續資料之量測與分析。



圖 25 架設各設施之支撐立柱

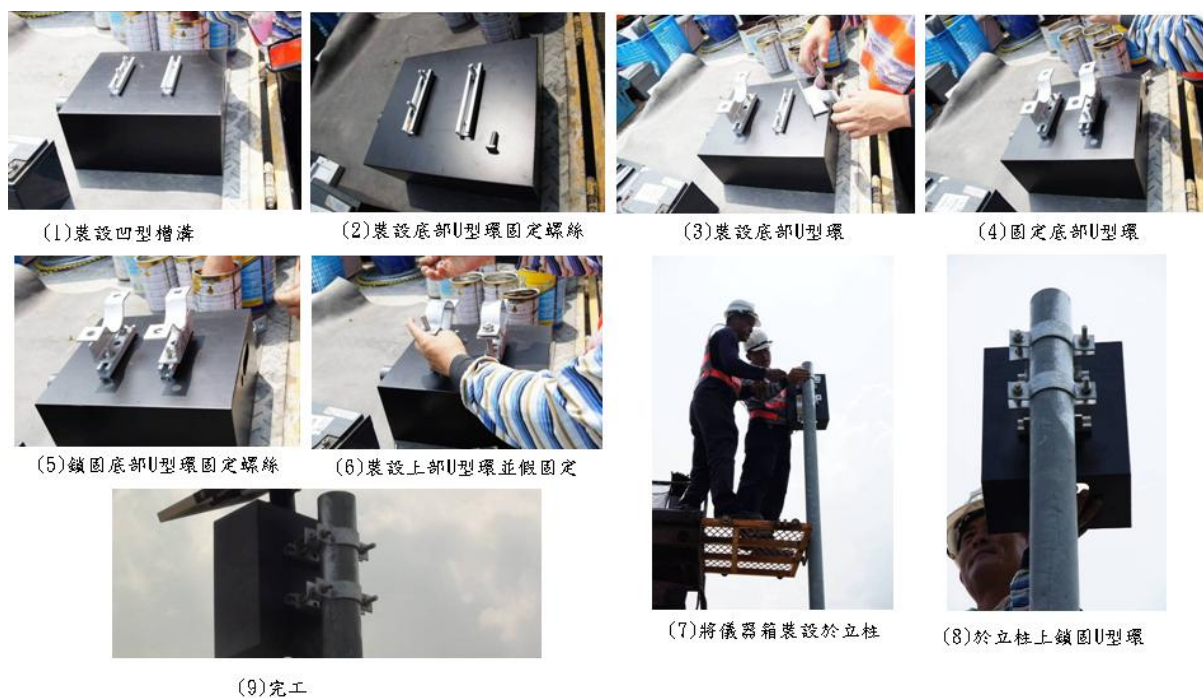


圖 26 安裝儀器箱及電池箱





(1) 確認LED字樣完整性



(2) 背板安裝U型環



(3) 於立柱上固定牌面



(4) 鎖固U型環



(5) 完工



(6) 確認太陽能板瓦數



(7) 確認太陽能板架設方向



(8) 架設太陽能板



(9) 於立柱上鎖固太陽能板



(10) 完工

圖 27 安裝 LED 牌面及太陽能板



(1) 固定警示燈立柱



(2) 鎖固上方面板膨脹螺絲



(3) 鎖固側邊面板膨脹螺絲



(4) 警示燈立柱架設完成



(5) 鎖固警示燈面板



(6) 確認警示燈外接電源線



(7) 架設警示燈



(8) 調整警示燈方向，完工

圖 28 安裝警示閃燈



(1) 確認蜂鳴器安裝位置



(2) 固定蜂鳴器背板



(3) 鎖固背板固定螺絲



(4) 調整蜂鳴器方向



(5) 完工

圖 29 安裝蜂鳴器



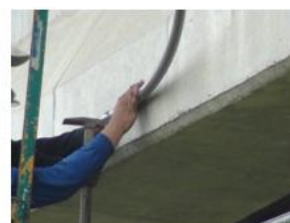
(1) 將傳輸線及電源線套入PVC管



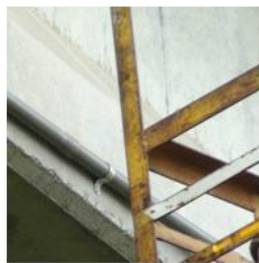
(2) PVC管串接



(3) 沿橋側面板固定PVC管



(4) 鎖固管線夾以固定PVC管



(5) PVC管固定完成



(6) 將電源線與警示燈  
外接電源線搭接



(7) 警示閃燈線路搭接完成



(8) 遇伸縮縫時，利用束制器於伸縮縫二端束制  
傳輸線及電源線

圖 30 固定傳輸線（或電纜線）及電源線

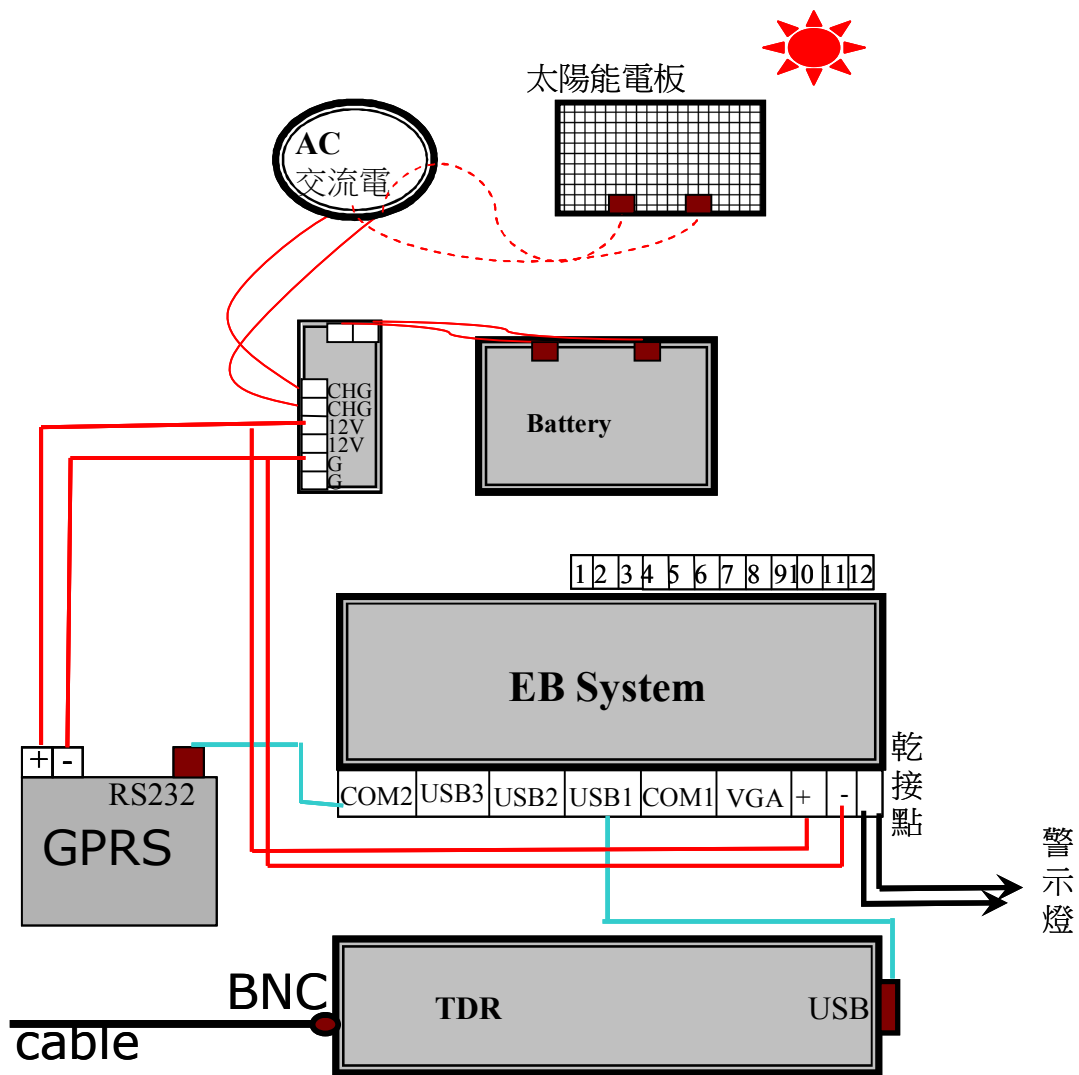


圖 31 TDR 系統接線示意圖

### (3) 現地測試

- ① 當系統安裝完成後，便可利用手動控制進行測試，將電（纜）線接頭端拔除，如圖 32 (2)至(4)，以模擬斷橋時，因電（纜）線扯斷之情形，測試警示設施是否會啟動，及其亮度、聲音是否清楚，以檢驗系統運作是否正常。
- ② 另透過自動化量測系統，測試其波形及量測是否正常，後端處理系統其資料接受是否正常，及資料回傳內容是否正確，以了解後端處理系統之運作狀態。

### (4) 儀器保護

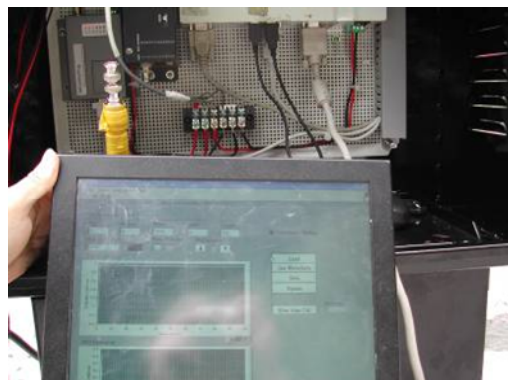
- ① 為避免現場儀器遭受人為蓄意破壞，安裝時應儘量避免儀器設備（如管線等）置於主車道上。
- ② 安裝完成後各儀器箱皆應上鎖，太陽能板亦應加裝鎖鏈，避免遭竊。



③如有架設 CCTV，則可透過 CCTV 進行監看，以避免儀器遭受破壞。



(1) 安裝TDR主機



(2) TDR系統測試



(3) 測試LED牌面作動情形



(4) 測試警示閃爍作動情形

圖 32 TDR 系統安裝與測試

## 警示系統維護流程

警示系統維護部分主要各分為二部分，一為定期現場檢驗維護，另一為直接遠端進行系統檢測，如圖 33 及圖 36，現場定期維護部分，原則一季進行現場檢測一次，亦可配合管理單位所訂定之定期檢測時程進行檢測，但天災後（如地震等）及汛期前後（如颱風登陸前與警報解除後等）均需進行非定期之現場檢測，以確保系統運作正常，警示系統維護檢測表如附錄 3 所示，而相關檢測維護工作詳細說明如下：

### 1. 檢知器警示系統（圖 33）

#### (1) 現地檢測

- ① 現場檢測時先目視檢測各線路、管線及儀器等設施是否有毀損、老化情況，再針對警示設施及系統主機等進行測試。其中如係檢知器預警用之鋼索遭拉開，則管理人員可先檢驗是否因原先所預留之長度不足或其他外力所造成，確認無誤後此時可依需求，調整鋼索之預留長度，再將強力磁鐵吸回即可繼續監測；但如係因變位已確實超過預設值所造成，則需依各管理機關之橋梁管理辦法進行維修、檢驗。
- ② 警示設施測試部分，於警示系統安裝完成後，即可利用控制器之手動測試按鈕直接測試警示設施是否會啟動，如圖 34 (1)，確認警示設施亮度及聲音是否清楚如圖 34 (2)至(3)，並檢視主機系統螢幕顯示是否正常，以了解警示設備與主機端接線是否正確。
- ③ 手動測試完成後，則可將檢知器 1 條鋼索之強力磁鐵拔除，測試當 1 條鋼索扯落時，警示設施有無啟動，檢測系統邏輯是否運作正常，警示系統啟動邏輯為如僅 1 條鋼索扯落，則警示系統不啟動，僅將訊息回傳至管理中心，以避免誤報。另可將檢知器 2 條鋼索之強力磁鐵一併拔除，如圖 34 (4)，模擬斷橋發生時，扯落鋼索，啟動檢知器之狀態，以測試整體系統運作狀態，檢測是否會同步觸發警示設施，及控制器系統是否正常作動、螢幕顯示是否同步顯示作動位置及檢知器狀態，如圖 34 (5)至(6)，以了解整體系統運作情形。
- ④ 系統運作測試完成後，則可將控制器上之 RS485 傳輸線暫時拔除，測試線路斷線時（但檢知器未啟動），警示設施有無啟動，控制器是否能正確判別斷線或落橋，如僅線路斷線，但檢知器未啟動，則警示系統不啟動，僅將斷線訊號回傳至管理中心，以避免誤報。

- ⑤ 除檢測警示系統是否正常運作外，亦應針對電池、太陽能板等供電設備進行檢測，如圖 35，檢查其輸出電壓是否不足，以避免警示系統無法有效作動（如電池電壓約小於 10V、太陽能板電壓約小於 14.5V，建議進行更換（或可依該設備之使用說明書規定進行更換））。

## (2) 遠端檢測

- ① 後端管理中心每 5 分鐘（時間間隔可由管理單位自訂）便會主動發送訊息，確認現場檢知器狀態，故可藉由回傳之訊息得知目前檢知器狀態是否異常
- ② 於現地警示系統測試期間，可一併檢測後端處理系統其資料接受是否正常，及資料回傳內容是否正確，以了解後端處理系統之運作狀態，如現場檢知器作動時，控制器應主動回傳檢知器作動位置及原因等訊息至後端處理系統；線路斷線時亦皆將訊息回傳；常時則需依管理單位所設之時間（如每 5 分鐘等）回傳現場警示系統資料至後端處理系統。
- ③ 如有架設 CCTV 影像監測，則可直接藉由影像獲得現場警示系統相關訊息。



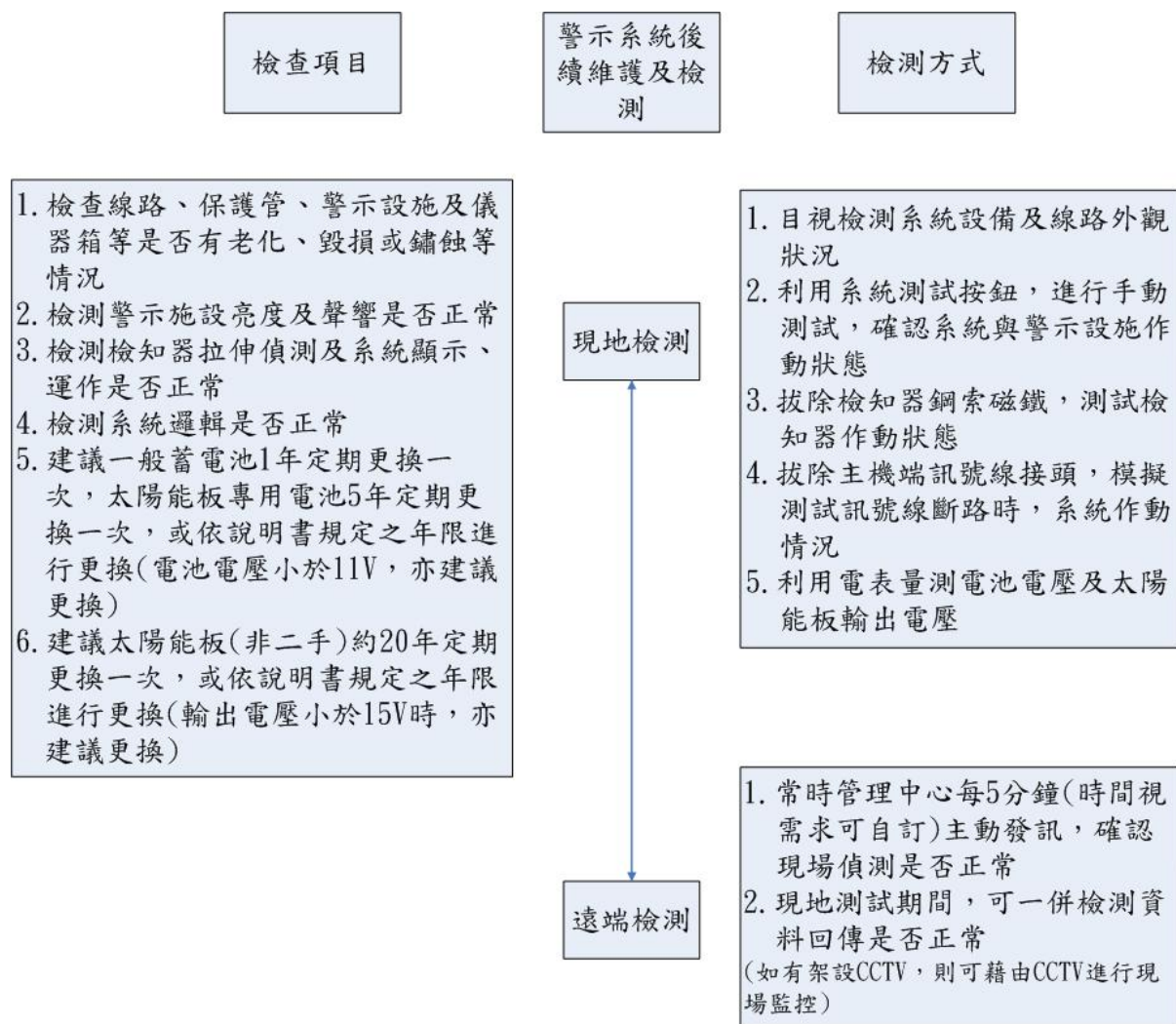


圖 33 檢知器警示系統後續維護流程



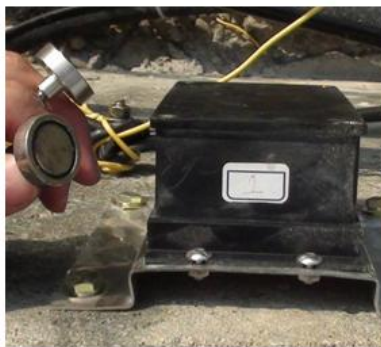
(1) 利用手動按鈕測試警示設施作動情形



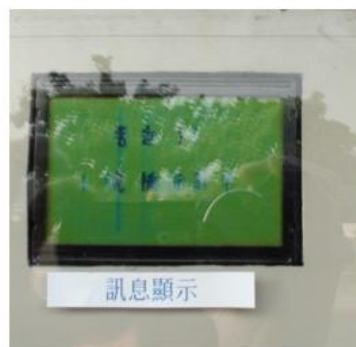
(2) 測試LED牌面作動情形



(3) 測試警示閃燈作動情形



(4) 拔除鋼索磁鐵測試整體系統作動情形



(5) 測試控制器面板顯示情形



(6) 測試系統常時運作情況

圖 34 檢知器警示系統測試



(1) 利用電表檢測電池電壓



(2) 利用電表檢測太陽能板電壓

圖 35 太陽能板與電池電壓量測

## 2. 簡易迴路式警示系統 (圖 36)

## (1) 現地檢測

- ① 現場檢測時先目視檢測各儀器設備、線路及保護管等設施，其外觀是否有毀損、老化或鏽蝕情況，再針對警示設施進行測試。
- ② 警示系統檢測部分，可利用手動控制進行測試，將電（纜）線接頭端拔除，如圖 37 (2)至(4)，以中斷迴路，模擬斷橋時，因電線扯斷造成迴路中斷之情形，測試警示設施是否會啟動，及其亮度、聲音是否清楚，以檢驗系統運作是否正常。
- ③ 如有安裝簡訊發送器，則可藉手動測試期間，一併測試其簡訊傳送有無異常，發送名單是否正確。
- ④ 此外亦應針對電池、太陽能板等供電設備進行檢測，如圖 38，檢查其輸出電壓是否不足，以避免警示系統無法有效作動（如電池電壓約小於 11V、太陽能板電壓約小於 15V，建議進行更換（或可依該設備之使用說明書規定年限進行更換））。

## (2) 遠端檢測

如有架設 CCTV 影像監測，則可直接藉由影像獲得現場警示系統相關訊息。

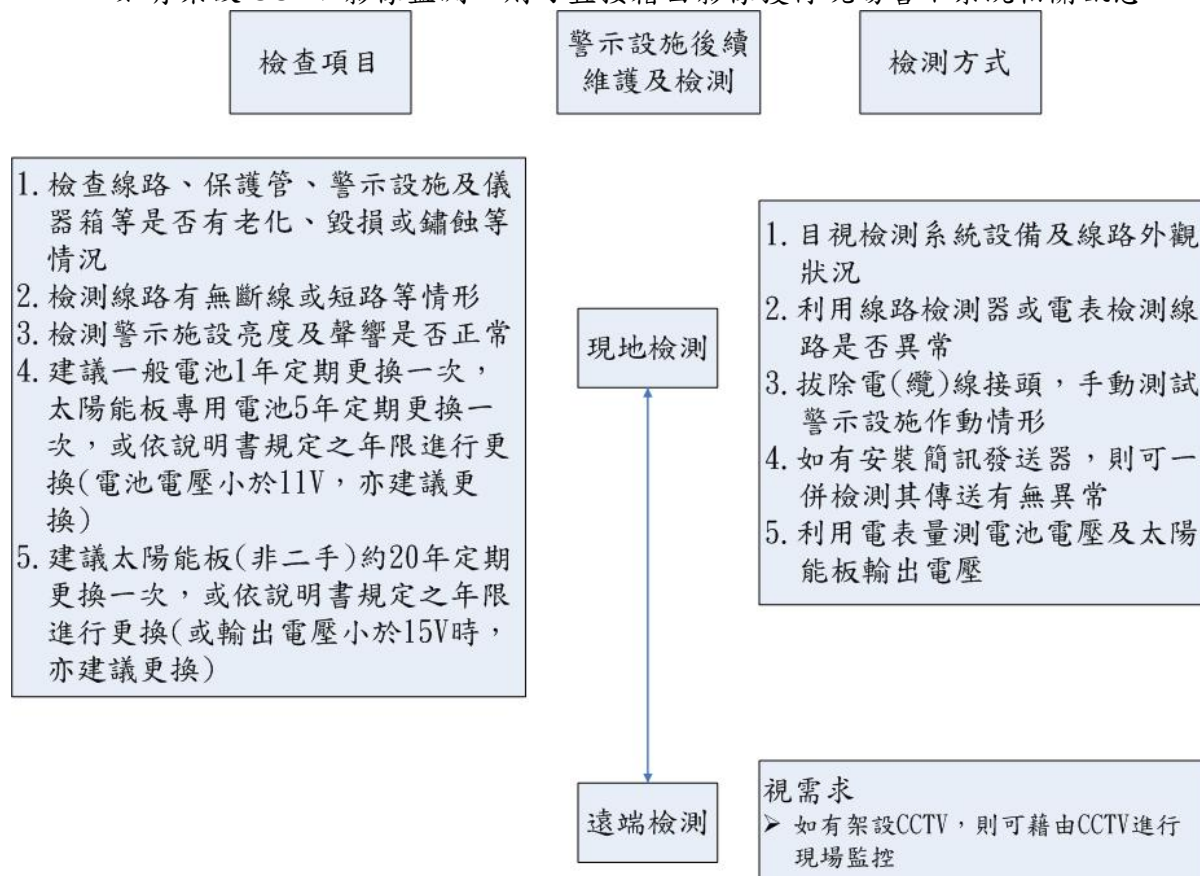




圖 36 簡易迴路式警示系統後續維護流程



(1)安裝relay及線路



(2)拔除迴路接頭進行測試



(3)測試LED牌面作動情形



(4)測試警示閃燈作動情形

圖 37 安裝簡易迴路式繼電器與測試



(1) 利用電表檢測電池電壓



(2) 利用電表檢測太陽能板電壓

圖 38 太陽能板與電池電壓量測

### 3. TDR 警示系統 (圖 39)

#### (1) 現地檢測

- ① 現場檢測時先目視檢測各儀器設備、線路及保護管等設施，其外觀是否有毀損、老化或鏽蝕情況，再針對警示設施及系統主機等進行測試。
- ② 警示設施檢測部份，可利用手動控制（將纜線接頭端拔除，模擬纜線因斷橋造成斷裂之情形）測試警示設備是否會啟動，如圖 40 (2)~(4)，並檢視警示燈亮度及蜂鳴器警示聲音是否能仍有效警示用路人，及主機系統是否正常作動、顯示及後端處理系統是否同步顯示。
- ③ 另藉由 TDR100 等機具進行現地波形量測，了解纜線長度及波形有無異常。
- ④ 此外亦應針對電池、太陽能板等供電設備進行檢測，如圖 41，檢查其輸出電壓是否不足，以避免警示系統無法有效作動（如電池電壓約小於 11V、太陽能板電壓約小於 15V，建議進行更換（或可依該設備之使用說明書規定年限進行更換））。

#### (2) 遠端檢測

- ① 平時亦可透過自動化量測系統，由回傳之量測資料，於遠端檢視其量測波形是否正常，以此判斷現場纜線及橋梁是否異常。
- ② 如有架設 CCTV 影像監測，則可直接藉由影像獲得現場警示系統相關訊息。

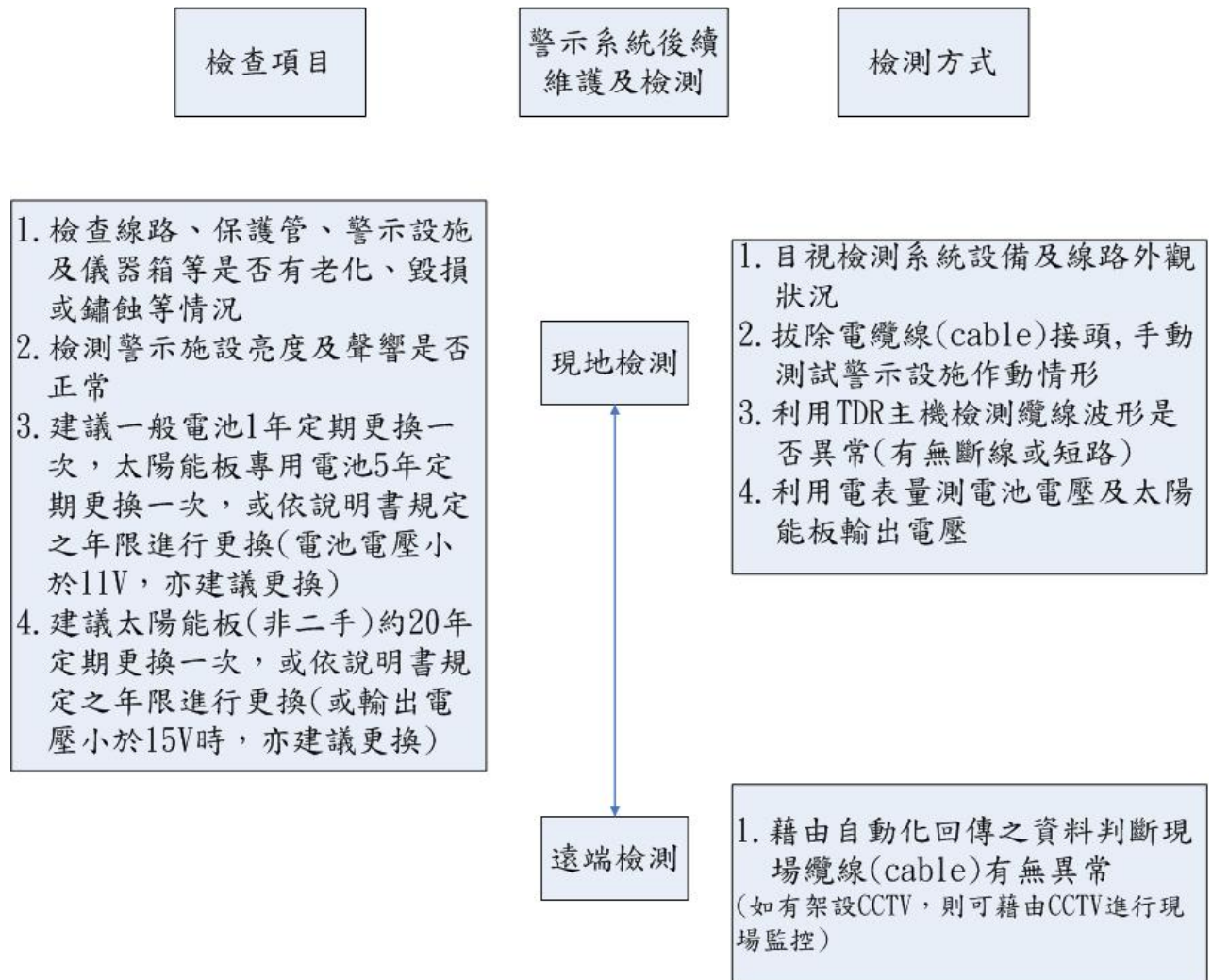
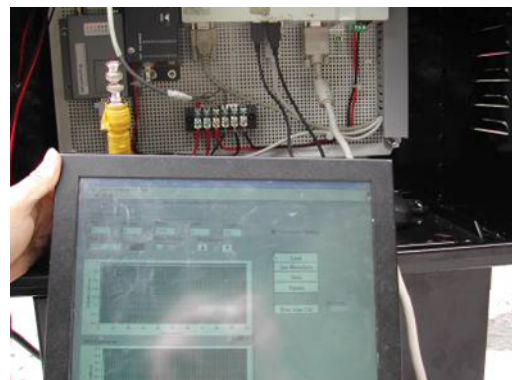


圖 39 TDR 系統後續維護流程



(1) 安裝TDR主機



(2) TDR系統測試





(3)測試LED牌面作動情形



(4)測試警示閃燈作動情形

圖 40 TDR 系統安裝與測試



(1)利用電表檢測電池電壓



(2)利用電表檢測太陽能板電壓

圖 41 太陽能板與電池電壓量測



## 附錄 2 橋梁斷橋警示系統安裝檢測表



## 附錄 2 橋梁斷橋警示系統安裝檢測表

### 一、背景資料

安裝日期：____/____/____，現勘人員：____，天氣： <input type="checkbox"/> 晴； <input type="checkbox"/> 陰； <input type="checkbox"/> 雨
1. 橋梁名稱及位置：____， 橋梁長度（m）：____ 橋梁結構型式： <input type="checkbox"/> 簡支梁； <input type="checkbox"/> 連續梁； <input type="checkbox"/> 剛橋； <input type="checkbox"/> 懸臂梁
2. 橋梁管理單位：____
3. 橋梁斷橋警示系統型式： <input type="checkbox"/> 檢知器警示系統； <input type="checkbox"/> TDR 警示系統； <input type="checkbox"/> 簡易迴路式警示系統
4. 橋梁斷橋警示系統架構： <input type="checkbox"/> 雙主機控制； <input type="checkbox"/> 單主機控制； <input type="checkbox"/> 雙監測迴路（簡易迴路式）

### 二、前置作業

	檢測內容
(1)	<p>系統安裝方式與數量：</p> <p>a. 電源線：  <input type="checkbox"/>焊接固定（鋼橋）；<input type="checkbox"/>傳統夾線器鎖固（混凝土橋）；<input type="checkbox"/>其他____            總長度需求（m）____            定訂束制時之預留長度（cm）____</p> <p>b. 傳輸線（RS485 或電纜線）：  <input type="checkbox"/>焊接固定（鋼橋）；<input type="checkbox"/>傳統夾線器鎖固（混凝土橋）；<input type="checkbox"/>其他____            總長度需求（m）____            定訂束制時之預留長度（cm）____</p> <p>c. 保護管（PVC 管或蛇管）：  <input type="checkbox"/>焊接固定（鋼橋）；<input type="checkbox"/>傳統夾線器鎖固（混凝土橋）；<input type="checkbox"/>其他____            總長度需求（m）____</p> <p>d. 束制器（膨脹螺栓或角鋼等）            數量需求（個）____</p> <p>f. 檢知器（非檢知器警示系統可省略）  <input type="checkbox"/>焊接固定（鋼橋）；<input type="checkbox"/>膨脹螺絲鎖固（混凝土橋）；<input type="checkbox"/>其他____            數量需求（個）____            第 1 條鋼索預留長度（cm）____            第 2 條鋼索預留長度（cm）____</p>
(2)	<p>警示設施：</p> <p>a. LED 或字幕機：  <input type="checkbox"/>外接電源線接頭；            安裝間距（m）____            安裝數量（個）____</p> <p>b. 警示閃燈：  <input type="checkbox"/>外接電源線接頭；            安裝間距（m）____            安裝數量（個）____</p> <p>c. 蜂鳴器：</p>

	<input type="checkbox"/> 外接電源線接頭； 分貝數 _____ 安裝間距 (m) _____ 安裝數量 (個) _____ d. 儀器支柱 (閃燈、儀器箱等支柱) 安裝長度 (m) _____ 安裝數量 (個) _____ e. 儀器箱及電池箱 安裝數量 (個) _____
(3)	供電系統： <input type="checkbox"/> 市電； <input type="checkbox"/> 太陽能板 (瓦數： _____ )； <input type="checkbox"/> 其他 _____ UPS 或蓄電池容量 _____

### 三、現地安裝

	檢測內容
(1)	<p>a. 安裝立柱：</p> <p>儀器端與橋頭供電系統立柱是否遠離橋台</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>立柱架設之位置是否影響駕駛人之路權</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>b. 安裝儀器箱、警示設施及供電設備：</p> <p>警示設施安裝角度是否足以警示用路人</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>蜂鳴器分貝數是否足以警示用路人</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>太陽能板安裝角度是否有足夠之日照時間</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>c. 線路安裝</p> <p>線路預留長度是否大於最大鋼索預留長度 (檢知器警示系統)</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>線路預留長度是否大於橋梁最大安全容許值 (其他系統)</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>d. 檢知器安裝：</p> <p>檢知器鋼索預留長度是否正確</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>是否確實記錄檢知器編號與其所對應安裝之位置</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p> <p>e. 主機系統安裝：</p> <p>線路束制是否確實</p> <p><input type="checkbox"/> 是； <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 其他 _____</p>

## 2. 現地測試檢驗



	檢測內容
(1)	<p>手動檢測警示設施啟動是否正常（檢知器警示系統）</p> <p>a. 手動按鈕：  <input type="checkbox"/>正常； <input type="checkbox"/>故障； <input type="checkbox"/>其他_____</p> <p>b. LED：  <input type="checkbox"/>正常； <input type="checkbox"/>無法啟動； <input type="checkbox"/>亮度不足； <input type="checkbox"/>字體毀損； <input type="checkbox"/>其他_____</p> <p>c. 閃燈：  <input type="checkbox"/>正常； <input type="checkbox"/>無法啟動； <input type="checkbox"/>亮度不足； <input type="checkbox"/>其他_____</p> <p>d. 蜂鳴器：  <input type="checkbox"/>正常； <input type="checkbox"/>無法啟動； <input type="checkbox"/>音量不足； <input type="checkbox"/>其他_____</p>
(2)	<p>檢知器作動狀態(是否仍持續運作等，若無安裝則免檢驗)</p> <p>檢知器強力磁鐵拔除測試：  <input type="checkbox"/>正常；  <input type="checkbox"/>LED 無法啟動；  <input type="checkbox"/>閃燈無法啟動；  <input type="checkbox"/>蜂鳴器無法啟動；  <input type="checkbox"/>警示設施啟動邏輯錯誤（拔除 1 條鋼索不應啟動）；  <input type="checkbox"/>訊號無回傳至控制器；  <input type="checkbox"/>控制器無反應或反應異常（無法顯示啟動位置或啟動位置顯示錯誤等）；  <input type="checkbox"/>其他_____</p>
(3)	<p>檢知器傳輸線路拔除測試：  <input type="checkbox"/>正常；  <input type="checkbox"/>警示設施啟動邏輯錯誤（線路拔除時不應啟動）；  <input type="checkbox"/>訊號無回傳至控制器；  <input type="checkbox"/>控制器無反應或反應異常  <input type="checkbox"/>其他_____</p>
(4)	<p>主機系統常時狀態(有無正常運作、顯示、訊號發送是否正常等，若無安裝則免檢驗)</p> <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無法主動檢測狀態； <input type="checkbox"/> GPRS 連線異常；(無連線訊號等) <input type="checkbox"/> 控制器螢幕顯示錯誤或異常；(螢幕無法顯示等) <input type="checkbox"/> 量測資料無法回傳；(管理中心接收不到資料等) <input type="checkbox"/> 其他_____
(5)	<p>後端（管理中心）處理系統測試(訊號接收、發送是否正常等，若無安裝則免檢驗)</p> <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無法定時接收現地狀態； <input type="checkbox"/> 作動或位置顯示異常 <input type="checkbox"/> 警示燈訊號顯示異常 <input type="checkbox"/> 其他_____
(6)	<p>迴路式系統作動狀態(是否仍持續運作等，若無安裝則免檢驗)</p> <p>迴路纜線拔除測試：  <input type="checkbox"/>正常；  <input type="checkbox"/>LED 無法啟動；  <input type="checkbox"/>閃燈無法啟動；  <input type="checkbox"/>蜂鳴器無法啟動；</p>

<input type="checkbox"/> 蜂鳴器無法啟動； <input type="checkbox"/> 簡訊發送器無法啟動；(有安裝簡訊發送器時) <input type="checkbox"/> 其他_____
---

### 附錄 3 橋梁斷橋警示系統後續維護檢測表



## 附錄 3 橋梁斷橋警示系統後續維護檢測表

### 一、背景資料

檢驗日期：____/____/____， 檢測人員：____， 天氣： <input type="checkbox"/> 晴； <input type="checkbox"/> 陰； <input type="checkbox"/> 雨
1. 橋梁名稱及位置：____， 橋梁長度 (m)：____ 橋梁結構型式： <input type="checkbox"/> 簡支梁； <input type="checkbox"/> 連續梁； <input type="checkbox"/> 剛橋； <input type="checkbox"/> 懸臂梁
2. 橋梁管理單位：____
3. 橋梁斷橋警示系統型式： <input type="checkbox"/> 檢知器警示系統； <input type="checkbox"/> TDR 警示系統； <input type="checkbox"/> 簡易迴路式警示系統

### 二、現地檢測

#### 1. 目視檢測

	檢測內容
(1)	線路外觀檢測： a. 電源線： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (m) ____ b. 傳輸線 (RS485 或迴路纜線)： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (m) ____ c. 保護管 (PVC 管或蛇管)： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (m) ____ d. 線路固定器 (夾線器等)： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (m) ____ e. 束制器 (膨脹螺栓或角鋼等)： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 鬆脫； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (m) ____ f. 檢知器鋼索： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 鬆脫； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (m) ____
(2)	警示設施外觀： a. LED 或字幕機： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 ____ b. 警示閃燈： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (跨) ____ c. 蜂鳴器： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____ <input type="checkbox"/> 異常位置 (跨) ____ d. 儀器支柱 (閃燈、儀器箱等支柱)： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 斷裂； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他____

	<input type="checkbox"/> 異常位置_____
(3)	太陽能板外觀： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 破損； <input type="checkbox"/> 鏽蝕 <input type="checkbox"/> 其他_____ 異常位置： <input type="checkbox"/> 主機太陽能板； <input type="checkbox"/> 警示設施太陽能板； <input type="checkbox"/> 其他_____
(4)	主機系統外觀： a. 主機儀器箱： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他_____ b. 電池箱： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他_____ 異常位置： <input type="checkbox"/> 主機電池箱； <input type="checkbox"/> 警示設施電池箱； <input type="checkbox"/> 其他_____ c. 控制器（簡易迴路式為Relay）： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他_____ d. GPRS：（若無安裝則免檢驗） <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他_____ e. 簡訊發送器（簡易迴路式選配）： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他_____ f. CCTV（選配，如無安裝則免檢驗）： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 老化； <input type="checkbox"/> 毀損； <input type="checkbox"/> 鏽蝕； <input type="checkbox"/> 其他_____

## 2. 警示系統現地測試檢驗

	檢測內容
(1)	手動檢測警示設施啟動是否正常 a. 手動按鈕： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 故障； <input type="checkbox"/> 其他_____ b. LED： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無法啟動； <input type="checkbox"/> 亮度不足； <input type="checkbox"/> 字體毀損； <input type="checkbox"/> 其他_____ c. 閃燈： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無法啟動； <input type="checkbox"/> 亮度不足； <input type="checkbox"/> 其他_____ d. 蜂鳴器： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無法啟動； <input type="checkbox"/> 音量不足； <input type="checkbox"/> 其他_____
(2)	檢知器作動狀態(是否仍持續運作等，若無安裝則免檢驗) 檢知器強力磁鐵拔除測試： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> LED 無法啟動； <input type="checkbox"/> 閃燈無法啟動； <input type="checkbox"/> 蜂鳴器無法啟動； <input type="checkbox"/> 警示設施啟動邏輯錯誤（拔除 1 條鋼索時或線路拔除時亦啟動）； <input type="checkbox"/> 訊號無回傳至控制器； <input type="checkbox"/> 控制器無反應或反應異常（無法顯示啟動位置或啟動位置顯示錯誤等）； <input type="checkbox"/> 其他_____
(3)	檢知器傳輸線路拔除測試： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 警示設施啟動邏輯錯誤（線路拔除時不應啟動）； <input type="checkbox"/> 訊號無回傳至控制器； <input type="checkbox"/> 控制器無反應或反應異常



	<input type="checkbox"/> 其他_____
(4)	主機系統常時狀態(有無正常運作、顯示、訊號發送是否正常等，若無安裝則免檢驗) <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無法主動檢測現地狀態； <input type="checkbox"/> GPRS 連線異常；(無連線訊號等) <input type="checkbox"/> 控制器螢幕顯示錯誤或異常；(螢幕無法顯示等) <input type="checkbox"/> 控制器資料無法回傳；(管理中心接收不到資料等) <input type="checkbox"/> 其他_____
(5)	迴路式系統作動狀態(是否仍持續運作等，若無安裝則免檢驗) 迴路纜線拔除測試： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> LED 無法啟動； <input type="checkbox"/> 閃燈無法啟動； <input type="checkbox"/> 蜂鳴器無法啟動； <input type="checkbox"/> 蜂鳴器無法啟動； <input type="checkbox"/> 簡訊發送器無法啟動； <input type="checkbox"/> 其他_____
(6)	太陽能板電壓： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 電壓<15V <input type="checkbox"/> 其他_____
(7)	蓄電池電壓： <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 電壓<11V； <input type="checkbox"/> 其他_____

### 3. 警示系統遠端檢測

項次	檢測內容	正常	異常	異常原因及位置
(1)	後端(管理中心)處理系統測試(訊號接收、發送是否正常等，若無安裝則免檢驗) <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無法定時接收現地狀態； <input type="checkbox"/> 作動或位置顯示異常 <input type="checkbox"/> 警示燈訊號顯示異常 <input type="checkbox"/> 其他_____			
(2)	CCTV 監控測試(有無正常運作、顯示否正常等，若無安裝則免檢驗) <input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 無顯示畫面； <input type="checkbox"/> 監控畫面角度異常； <input type="checkbox"/> 監控品質不穩定或異常； <input type="checkbox"/> 其他_____			

備註

---



## 附錄 4 技術揭露文件



## 附錄 4 技術揭露文件

交通部運輸研究所公開技術簡介	
技術揭露編號	MOTC-IOT-100- EDB005
技術名稱	檢知器斷橋警示系統
計畫名稱	建置橋梁斷橋警示系統之研究(二)
技術創作人/研究單位	林志平、鐘志忠、吳瑋晉、陳宏宇、林春日、陳一昌、鄔德傳/ 國立交通大學、交通部運輸研究所
技術類型	專利技術類之國際分類號:G08 信號裝置 G08B021 未列入其他類目的響應一種指定的意外或異常操作情況之報警器
技術代表圖示	檢知器斷橋警示系統架構圖
	<pre> graph TD     Start([系統建立]) --&gt; Init[系統初始化]     Init --&gt; Check{系統檢測}     Check -- 遠端檢查命令 --&gt; GPRS1[GPRS]     GPRS1 --&gt; Check     Check -- 錯誤 --&gt; Error1[系統錯誤]     Error1 --&gt; GPRS2[GPRS傳送\"系統錯誤!!\"]     Error1 --&gt; Display1([控制器顯示\"系統錯誤!!\"])     Check -- OK --&gt; Line{線路檢測}     Line -- 錯誤 --&gt; Error2[系統錯誤]     Error2 --&gt; GPRS3[GPRS傳送\"故障代號!!\"]     Error2 --&gt; Display2([控制器顯示\"線路斷線!!\"])     Line -- OK --&gt; Stretch{拉伸檢測}     Stretch -- 錯誤 --&gt; Confirm1[異常狀態確認]     Confirm1 --&gt; GPRS4[GPRS傳送\"故障代號!!\"]     Confirm1 --&gt; Display3([控制器顯示\"??號異常!\"及啟動警示裝置])     Stretch -- OK --&gt; Tilt{傾斜檢測}     Tilt -- 錯誤 --&gt; Confirm2[異常狀態確認]     Confirm2 --&gt; GPRS5[GPRS傳送\"故障代號!!\"]     Confirm2 --&gt; Display4([控制器顯示\"??號異常!\"及啟動警示裝置])     Tilt -- OK --&gt; Display5[控制器顯示\"測試中...\"]     Display5 --&gt; Check   </pre> <p>圖 1. 檢知器檢測邏輯流程圖</p>

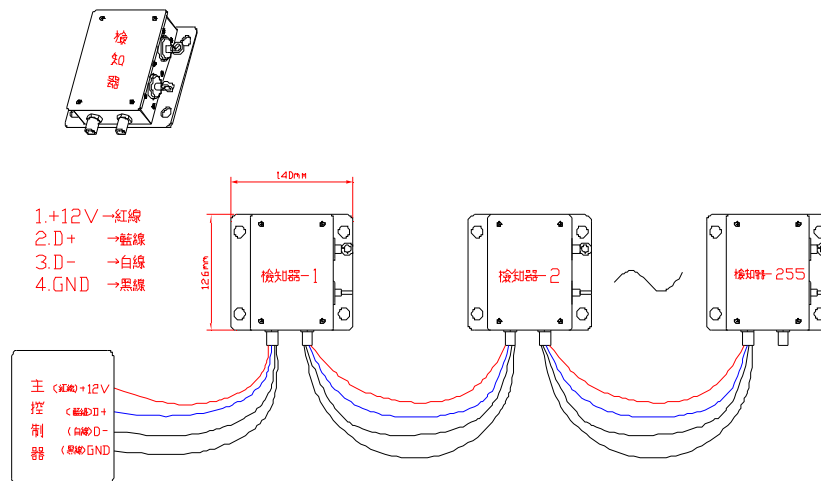


圖 2 檢知器配線圖

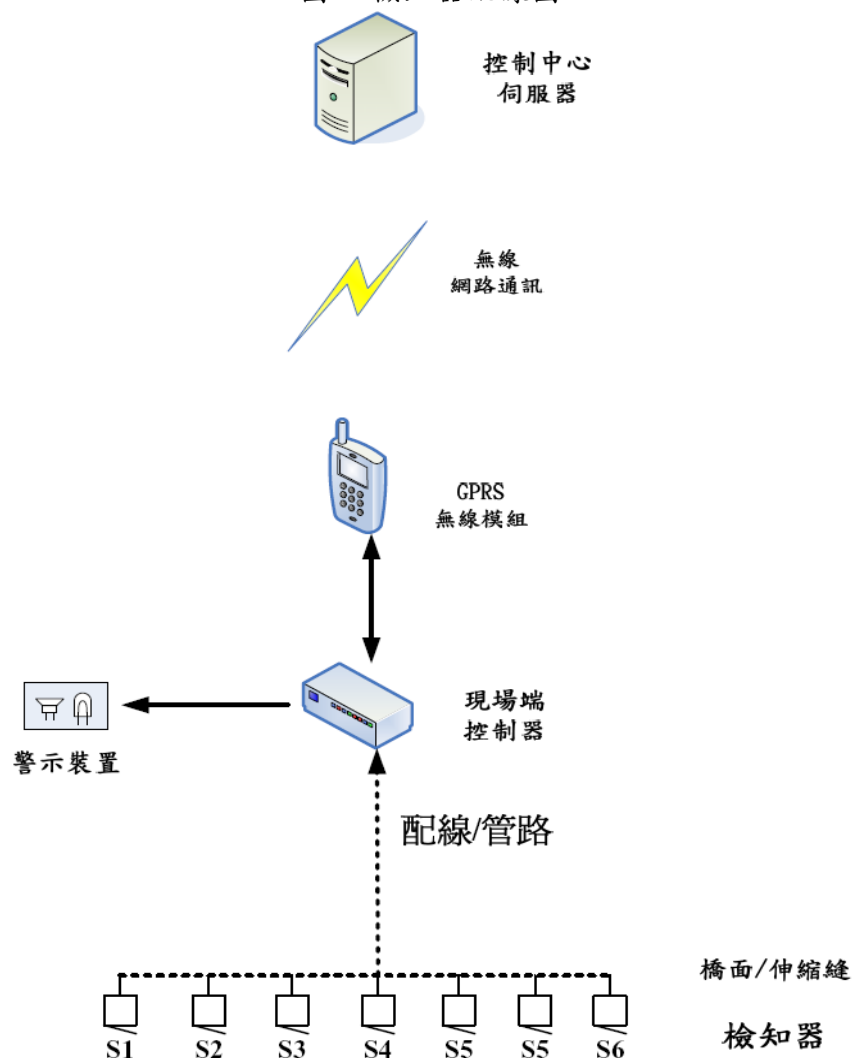


圖 3 檢知器系統架構圖

技術摘要或概念

檢知器斷橋警示系統係依據河川土石流鋼索拉斷檢知器原理進行研發與改良，而檢知器為一機構之名稱，為一行之有年之技術，其依不同作動原理有不同之型式，故本研究基於此原理進行研發與改良，並提出對應之斷橋偵測邏輯程序，以及適用於現地



之控制元件與警示設備。其系統監測之流程圖如圖 1 所示，主要可分為三方向：

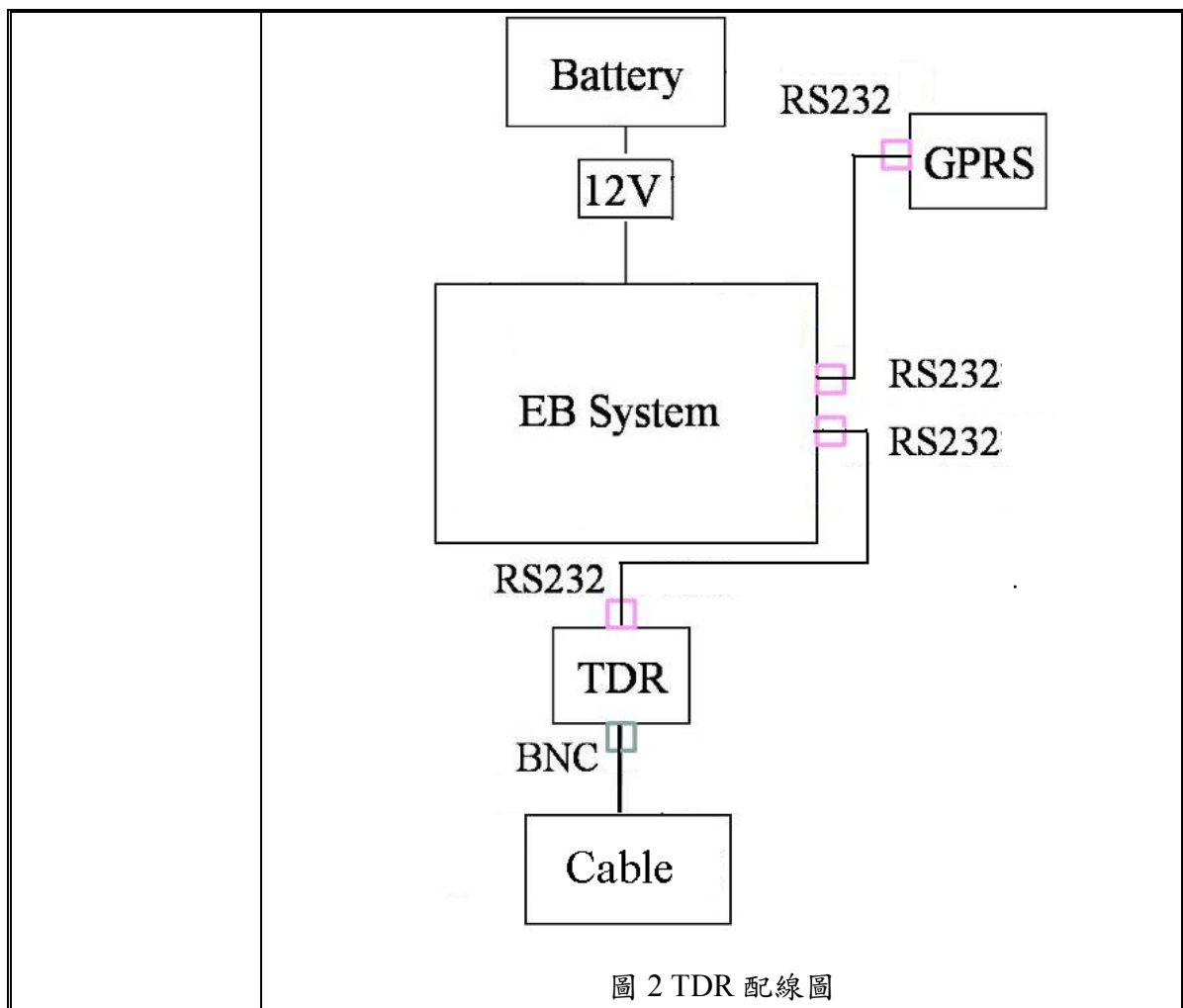
- (1) 系統本身進行自我檢測，確認系統本身運作是否正常，如異常則系統控制器顯示系統錯誤，並將異常原因透過 GPRS 傳回遠端管理中心
- (2) 當線路斷線但檢知器無啟動時，則系統控制顯示線路斷線訊號並將資訊透過 GPRS 傳回遠端管理中心
- (3) 另一為檢知器作動時（拉伸/傾斜），則系統控制器顯示作動原因及位置，並啟動現場警示燈，且將資訊透過 GPRS 傳回遠端管理中心

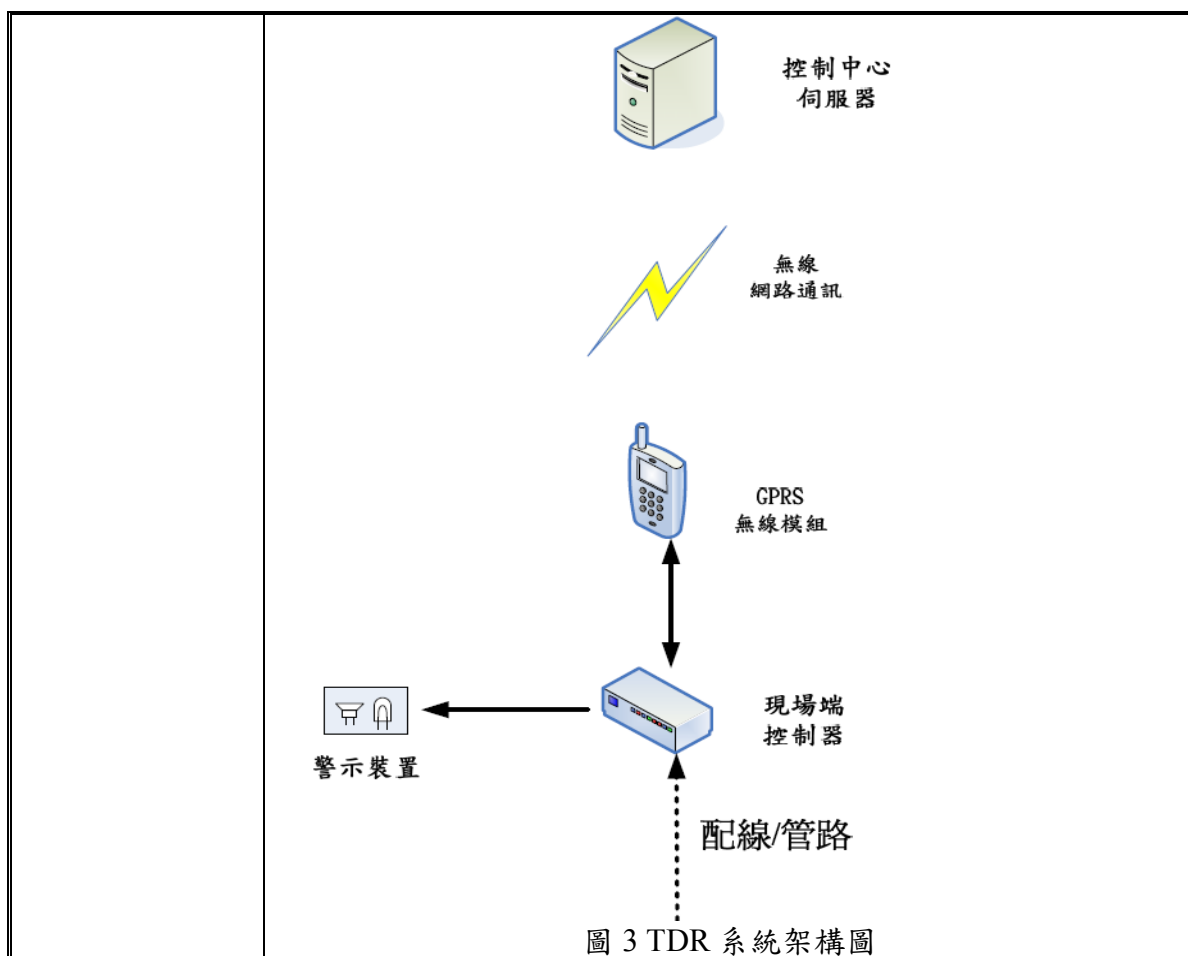
而系統架構中之橋梁檢知器則係基於檢知器原理，將既有橋梁破壞監測方法（迴路式）重新設計適用於可同時應用於橋梁、邊坡的拉斷檢知器，由圖 2 可知，其檢知器功能涵蓋前後錯動與左右拉伸兩大部分，具有橋面板(或橋墩)位移或傾斜等偵測功能，並能多方向性監測，亦可視使用單位需求，設計成以監測斷橋前橋梁變化為目的；且檢知器可採串接方式進行監測，當位移偵測觸發（橋梁位移量超過其設計時之容許值）時，可即時提供觸發位置，另外承接上述迴路式斷線偵測，提供線路斷線之偵測。而系統運用檢知器所結合之拉伸/傾斜觸發，及斷線偵測等雙重機制，可確保斷橋事件之研判，減少誤報之機率。

由圖 3 可知，檢知器安裝方式係以連續串聯方式裝置於橋梁伸縮縫處（無特定安裝方向，可水平、垂直安裝或二者並行，故除伸縮縫外，亦可裝設於橋側面板與橋墩之接縫處），並利用 RS485 傳輸線定位，其檢知器內含拉伸/傾斜偵測裝置，當橋面板水平或垂直位移量超過橋梁設計之最大安全容許值時（此最大安全容許值係指各橋梁設計之伸縮縫伸縮空間、防落橋裝置範圍或原訂設計最大安全伸張寬度），則檢知器便啟動(無啟動門檻值設定，拉伸啟動機制為基本開/關設置，但為減少外來因素造成拉伸誤報，此一拉伸開關需大於一定程度的拉力才能作動)，並由現場控制器顯示作動原因及狀態，且藉由控制器啟動現場 LED 警告標誌警告用路人，同時以手機之 General Packet Radio Service（GPRS）無線傳輸方式將訊息回傳管理中心，並自動以手機簡訊通報值班管理人員，另同時由無線網路通訊將資料上傳至控制中心之監測網頁，使管理人員亦可於遠端藉由網頁資訊得知橋梁現況。其最大優勢在於利用新研發之檢知器裝置，不僅基於既有迴路式系統功能，可判斷斷橋事件發生，且可額外提供橋梁破壞位置定位，另外檢知器可額外延伸整合傾斜、水位等量測裝置，以作多項目監測輔助使用。

技術關鍵字	斷橋警示系統 檢知器監測系統
實施領域及功效	利用先前檢知器量測原理特性，持續改進、整合檢知器等相關技術，解決研發警示系統可能面臨的相關課題。本研究期望檢知器斷橋警示系統，能發展為具有簡單，可靠（避免錯誤警報），設置及維護成本低，易於組裝、校正及維護等特性之系統，以使後續應用時能達到普及、推廣等目標，並於落橋發生時可提供橋梁左右側後方用路人及養護單位即時資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷。
實施內容	本檢知器警示系統已具備遠端監控、誤觸誤報預防機制、橋梁破壞位置定位、斷橋/斷線觸發判釋及自動簡訊通知等能力，另藉由現地測試結果可知，於橋梁斷落瞬間，檢知器鋼索及訊號線皆因斷橋而同時扯落，檢知器警示系統（LED及蜂鳴器等）便即時啟動，提供用路人警示，且現場控制器亦顯示檢知器啟動位置及原因，並將檢知器作動訊號傳回控制中心，使遠端管理單位同步獲得現場橋梁破壞資訊，由此顯示系統已可於斷橋發生時有效發揮其功效。
衍生性應用	1. 橋梁整合性監測 2. 土石流監測
參考文獻	1. 國立交通大學（2011），「建置橋梁斷橋警示系統之研究（二）」，交通部運輸研究

交通部運輸研究所公開技術簡介	
技術揭露編號	MOTC-IOT-100- EDB005
技術名稱	TDR 器斷橋警示系統
計畫名稱	建置橋梁斷橋警示系統之研究(二)
技術創作人/研究單位	林志平、鐘志忠、吳瑋晉、陳一昌、鄔德傳/國立交通大學、交通部運輸研究所
技術類型	專利技術類之國際分類號:G08 信號裝置 G08B021 未列入其他類目的響應一種指定的意外或異常操作情況之報警器
技術代表圖示	TDR 斷橋警示系統架構圖
	<pre> graph TD     A[分析邏輯流程] --&gt; B[建立纜線波形 初始值]     B --&gt; C[量測纜線波形]     C --&gt; D{檢測纜線末端反射係數向上變化是否 超過0.5，且其變化位置與原始波形不同 (向下則以-0.5為基準)}     D -- 否 --&gt; E[纜線尚未剪斷(動)]     E -- 持續量測 --&gt; C     D -- 是 --&gt; F[纜線已遭剪斷 (橋梁遭受破壞)]     F --&gt; G[系統顯示 斷線位置]     F --&gt; H[系統自動以手機簡訊 通知管理單位]     F --&gt; I[系統啟動現地警示設施 (警示燈及蜂鳴器等)] </pre> <p>圖 1. TDR 檢測邏輯流程圖</p>





#### 技術摘要或概念

根據 TDR 量測系統與傳輸纜線的特性可知，TDR 製波器發出之脈衝訊號在遇到斷面材質不同（即纜線阻抗不連續）或幾何形狀不同時會產生反射訊號，因此可利用此原理來監測橋梁變形。其系統監測之流程圖如圖 1 所示，主要可分為二方向：

- (1) 系統自動量測，確認量測結果是否正常，如量測結果未超過設定值，則持續進行量測，並透過 GPRS 將資料傳回遠端管理中心
- (2) 另一為量測結果超過設定值時，則系統控制器顯示作動位置，並啟動現場警示燈，且將資訊透過 GPRS 傳回遠端管理中心

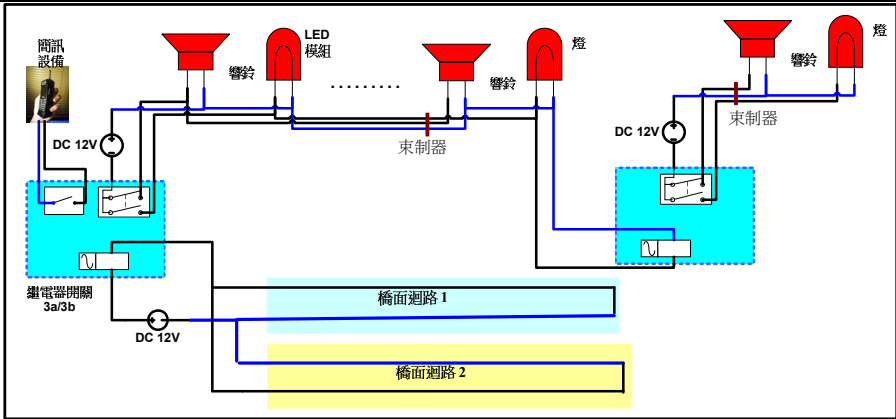
TDR 為一上孔式概念之新式監測系統，其訊號發射主機以及資料擷取器部分可置於地表，透過多工器(Multiplexer)以及同軸傳輸纜線，將多點 TDR 不同監測感測器連接，形成一機多工之功能。自傳輸纜線(Lead Cable)連接多工器(Multiplexer)開始，至監測資料由無線方式傳回到監測站為止，都屬於本系統資料擷取的部分，如圖 2 所示，其佈設方面 TDR 纜線可延著護欄或橋面版固定佈設（可依使用者需求進行單/雙線佈設，即橋梁左右二側皆設置），僅需在伸縮縫或橋面板與橋柱接合處等適當位置採用纜線束制器(Breaker)固定，將纜線二端束制，強制纜線於橋梁發生錯動變形時能立即反應，隨著橋梁變形將應力傳至同軸纜線使之發生線路斷面破壞，當橋梁變形增加，TDR 反射之波形亦會隨之增加，

因電纜的波傳速度已知，可依纜線凹痕引起的反射訊號之時間，分析得知剪動位置，另反射訊號之大小會隨著錯動變形量增加而增加，如此一來，可在剪動訊號發生時，立即啟動警示功能，並提供剪動位置以及後續剪動量變化情形，同時自動透過手機簡訊通知相關管理人員。

由圖 3 可知，TDR 安裝方式係於所要監測的橋梁安裝同軸纜線，並在伸縮縫或橋面板與橋柱接合處等適當位置採用纜線束制器(Breaker)固定，將纜線二端束制，強制纜線於橋梁發生錯動變形時能立即反應，隨著橋梁變形將應力傳至同軸纜線使之發生線路斷面破壞，當線路破壞便啟動現場 LED 警告標誌警告用路人，同時以手機之 General Packet Radio Service (GPRS) 無線傳輸方式將訊息回傳管理中心，並自動以手機簡訊通報值班管理人員，另同時由無線網路通訊將資料上傳至控制中心之監測網頁，使管理人員亦可於遠端藉由網頁資訊得知橋梁現況。其最大優勢在於利用 TDR 系統，不僅可判斷斷橋事件發生，且可額外提供橋梁破壞位置定位，另外 TDR 可額外延伸整合傾斜、水位等量測裝置，以作多項目監測輔助使用。



技術關鍵字	斷橋警示系統 TDR 監測系統
實施領域及功效	利用先前 TDR 量測原理特性，持續改進、整合 TDR 等相關技術，解決研發警示系統可能面臨的相關課題。本研究期望 TDR 斷橋警示系統，能發展為具有簡單，可靠（避免錯誤警報），設置及維護成本低，易於組裝、校正及維護等特性之系統，以使後續應用時能達到普及、推廣等目標，並於落橋發生時可提供橋梁左右側後方用路人及養護單位即時資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷。
實施內容	本 TDR 警示系統已具備遠端監控、誤觸誤報預防機制、橋梁破壞位置定位及自動簡訊通知等能力，另藉由現地測試結果可知，於橋梁斷落瞬間，TDR 電纜線則因斷橋而同時扯落，警示系統（LED 及蜂鳴器等）便即時啟動，提供用路人警示，且 TDR 主機亦顯示破壞位置，並將量測訊號傳回控制中心，使遠端管理單位同步獲得現場橋梁破壞資訊，由此顯示系統已可於斷橋發生時有效發揮其功效。
衍生性應用	1. 橋梁整合性監測
參考文獻	1. 國立交通大學（2011），「建置橋梁斷橋警示系統之研究（二）」，交通部運輸研究

交通部運輸研究所公開技術簡介	
技術揭露編號	MOTC-IOT-100- EDB005
技術名稱	簡易迴路式斷橋警示系統
計畫名稱	建置橋梁斷橋警示系統之研究(二)
技術創作人 /研究單位	林志平、鐘志忠、吳瑋晉、陳宏宇、林春日、陳一昌、鄔德傳/ 國立交通大學、交通部運輸研究所
技術類型	專利技術類之國際分類號:G08 信號裝置 G08B021 未列入其他類目的響應一種指定的意外或異常操作情況 之報警器
技術代表圖示	簡易迴路式斷橋警示系統架構圖
	 <p>圖 1 檢知器配線圖</p>
技術摘要或概念	<p>簡易迴路式之原理係利用電線或電纜等傳輸電線，佈設於於橋梁側面板形成一封閉迴路進行監測（亦可於橋梁左右二側同時設置，進行雙向監測），並利用二組檢測迴路進行斷橋監測，且需二組迴路皆破壞才啟動警報系統，以提升可靠度，當橋面發生破壞時，造成電（纜）線斷裂，使其電子迴路中斷，則安裝於警示設施上之通告器 (annunciator) 或繼電器 (relay) 因電壓產生變化，進而啟動警示設施。透過此一方式即可於橋梁發生破壞時，立即啟動警示設施來警示用路人。而為能於斷橋事件發生時，立即啟動警示設施，因此纜線需於伸縮縫或橋面版與橋柱接合處等適當位置採用纜線束制器(Breaker)固定，將纜線二端束制，強制纜線於橋梁發生錯動變形時能立即反應、斷裂，以使警示設施能即時作用，發揮效用；為避免伸縮縫等於常時熱脹冷縮等因素，所造成的長度改變影響系統可靠度，故纜線於伸縮縫處預留之長度需大於各橋梁設計之伸縮縫伸縮空間、或防落橋裝置或原訂設計最大安全伸張寬度，以避免誤報產生。其整體架構及安裝方式如圖 1 所示。</p> <p>由圖 1 可知，其研發主要係使用較簡易之方式進行監測，並減少後端電子化之產品，於維持系統可靠性之原則下，降低成本及系統架構複雜性，因此本系統並無控制器及相關後端管理系</p>

	<p>統，僅線路、警示設施等設備；透過佈設於橋梁側面板形成之封閉迴路進行監測，利用二組檢測迴路以提升可靠度，當橋面發生破壞時，造成電（纜）線斷裂，使電子迴路中斷，則安裝於警示設施上之繼電器（relay），因電壓產生變化，進而啟動警示設施。因此整體成本相對低廉，且採用傳統繼電器，減少安裝技術之困難。同時可視使用單位需求，額外設置簡訊通知系統（需配合專業客製化電子套件），以便橋梁發生破壞時，可以簡訊通知管理單位，使管理單位能初步掌握橋梁狀況。</p>
--	---

技術關鍵字	<p>斷橋警示系統 簡易迴路式監測系統</p>
實施領域及功效	<p>利用先前簡易迴路式量測原理特性，持續改進、整合簡易迴路式等相關技術，解決研發警示系統可能面臨的相關課題。本研究期望簡易迴路式斷橋警示系統，能發展為具有簡單，可靠（避免錯誤警報），設置及維護成本低，易於組裝、校正及維護等特性之系統，以使後續應用時能達到普及、推廣等目標，並於落橋發生時可提供橋梁左右側後方用路人及養護單位即時資訊，提醒用路人前方有危險，進而降低災害後續可能造成之損傷。</p>
實施內容	<p>本簡易迴路式警示系統藉由現地測試結果可知，將簡易迴路式之監測迴路扯落，模擬斷橋時可能破壞之情形，簡易迴路式警示系統（LED及蜂鳴器等）便即時啟動，提供用路人警示，且額外安裝之簡訊通知系統，則立刻以簡訊通知管理單位，使管理單位獲知橋梁狀況。。</p>
衍生性應用	
參考文獻	<p>1. 國立交通大學（2011），「建置橋梁斷橋警示系統之研究（二）」，交通部運輸研究</p>



## 附錄 5 專家學者與實務單位座談會意見回覆





## 附錄 5 專家學者與實務單位座談會意見回覆

國立中興大學 土木工程學系 林呈教授

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 如橋梁發生沉陷，造成橋面出現落差，但橋梁無斷裂，此時駕駛人可能因路面不平，造成車禍，發生危險，未來可思考如何於此一情況發生時，系統亦能發揮警示之功能。	1. 本研究主要標的係於橋梁發生斷橋破壞時，能即時提供警示，避免用路人持續誤入，因此如地震等災害發生時，若未造成橋梁倒塌破壞，或是橋梁尚能維持既有功能（如沉陷），則系統有可能不會發生作用。
2. 建議系統能具有通知使用者，橋梁破壞位置之功能。	2. 目前採用檢知器警示系統，已具有定位之功能，其控制器於常時會主動確認各組檢知器是否正常運作，當橋梁發生破壞，造成檢知器作動時，則控制器立即啟動現場警示號誌，並透過 GPRS 將現場訊號傳回管理端，另發送簡訊通知管理者，同時告知其斷裂位置。 簡易迴路式則僅可提供斷橋資訊，無法定位，因此建議適用於小規模山區橋梁或便橋。
3. 因目前有許多橋梁皆有封橋水位管理，故建議公路總局及交通部運研所，未來如此一系統實際運作時，需思考警示系統該如何與封橋水位相互配合。有封橋水位管理之橋梁是否需要安裝斷橋警示系統；有安裝斷橋警示系統之橋梁是否還需進行封橋水位管理。	3. 感謝委員建議，因檢知器警示系統可額外擴充警戒水位監測，故未來如有需求，可與封橋水位相互配合，達到整合性監測之目的。
4. 現地試驗目前選擇西湖橋為試驗場址，是否可能選擇有在施工或改建之橋梁來進行測試，以了解系統作動情況。	4. 現地試驗場址，參考本次專家學者座談會之意見，經與主辦單位協調後，暫訂選擇近海之梅南橋為試驗場所。
5. 建議後續於報告中，能將三種警示系統之架構圖，做較完善之說明。	5. 遵照辦理。

國立逢甲大學 運輸科技與管理學系 徐耀賜教授

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 目前橋梁大多採流域管理，設有封橋警戒水位及雨量等，後續建議需思考此一系統該如何與雨量做相互結合。	1. 感謝委員建議，因檢知器警示系統可額外擴充警戒水位監測，故未來如有需求，可與封橋水位相互配合，達到整合性監測之目的。

委員意見	意見回覆及辦理情形
2. 警示燈設置之方式，建議考量駕駛者之安全煞車距離。	2. 本研究之警示燈設置方式，可依「道路交通標誌標線號誌設置規則」設置，但建議至少一跨一個。另橋頭部分，可提早於橋梁入口處前端設置警示設施，以提供民眾足夠之反應時間。
3. 警示系統安裝時，需考量橋梁熱脹冷縮之變形量。	3. 感謝委員建議，本計畫研發之檢知器，的確得考量橋梁受環境影響所造成之變化（如熱漲冷縮造成之伸張），故該檢知器鋼索長度隨橋梁型式而異，配合各橋梁設計之伸縮縫伸縮空間、防落橋裝置或原訂設計最大安全伸張寬度而定，確保常時不會因其他因素(非斷橋事件發生)而觸發。
4. 目前全台橋梁數目約二萬四千多座，故系統研發完成後，建議運研所要針對需安裝之橋梁建立相關規範，以決定哪些橋梁需安裝，避免濫裝。	4. 感謝委員建議，後續系統研發完成後，將轉由運研所推廣、應用。
5. 建議運研所可蒐集過去農委會所研發之土石流預警系統，確認其執行成效，再與本系統比較，檢驗何者效果較佳。	5. 感謝委員建議。土石流預警機制有其複雜度與斷橋系統較不相同，其位於山區故通訊可能不佳且動物誤觸機率較大，另除利用檢知器亦可利用震動等方式監測。而本計畫所研發之系統主要係以斷橋警示為主，暫不包含其他方式之監測預警。

**公路總局材料試驗所 黃三哲 副所長**

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 此一系統平時要如何知道系統是否還在運作，有無遠端監控功能。	1. 本研究可利用系統主機之功能，於橋梁發生破壞時，透過無線傳輸立即發送手機簡訊（事先於系統中輸入所需發送之人員手機號碼即可）通知相關管理人員，另可藉由後端監測網頁直接得知現地橋梁情況。
2. 檢知器設置的位置，皆設置於橋梁伸縮縫上，中間橋面板部分是否需要設置，避免中間橋面板發生破壞，而檢知器警示系統無作動。	2. 檢知器的設置位置主要考量為橋梁的潛在破壞機制。一般而言，檢知器主要設置於橋梁伸縮縫兩側，連續樑可置於橋面板與橋墩之間，應可涵蓋因橋墩沖刷或過渡沉陷造成之橋面板破壞。若需考慮罕見的中間橋面板破壞，則可利用扣環將檢

委員意見	意見回覆及辦理情形
	知器之鋼索延伸至橋面版各處。

公路總局第三區養護工程處 鄧文廣 處長

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 如要利用檢知器警示系統進行預警，其預警初始值之設定，建議需審慎處理，且檢知器拉力需超過 40kg 才能拉斷作動，如因熱脹冷縮或小變位所產生之力量，是否可能無法拉斷。	1. 感謝委員建議。系統之預警功能概念，主要透過將檢知器其中 1 條鋼索之預留長度縮小，當橋梁有較大變位，但尚未落橋時，即通知管理人員，而目前系統設計為需 2 條鋼索皆拉斷，才啟動警示設施，故當 1 條鋼索拉斷時，僅發簡訊通知使用者，並未啟動警示設施，因此其初始值之設定有較大之彈性空間。 而檢知器拉力之設定，主要係避免誤觸造成之誤報。其主要作動方式是透過鋼索將強力磁鐵扯下造成檢知器啟動，因此亦可透過變位來控制，而因鋼索本身伸縮性相對較小，故如變位超過鋼索預留長度，則立即會拉開強力磁鐵，啟動檢知器。
2. 如因橋墩破壞所造成橋梁斷裂，其橋墩上二側之橋面板皆可能同時破壞，故警示燈之設置需多加注意。	2. 感謝委員建議。本研究之警示燈設置方式，可依「道路交通標誌標線號誌設置規則」設置，但建議至少一跨一個，使每座橋面上之駕駛者皆能得到警示。另橋頭部分，可提早於橋梁入口處前端設置警示設施，以提供民眾足夠之反應時間。
3. 檢知器磁鐵被拉斷時，需注意警示設施是否能立即作動，以發揮警示作用，達到良好的警示效果。	3. 感謝委員建議。目前系統經由內部試驗測試結果皆顯示，其檢知器作動情況良好，後續將藉由現地實際安裝進行測試。
4. 建議系統能具有通知使用者，橋梁破壞位置之功能，使使用者可快速進行處理。	4. 目前採用檢知器警示系統，已具有定位之功能，其控制器於常時會主動確認各組檢知器是否正常運作，當橋梁發生破壞，造成檢知器作動時，則控制器立即啟動現場警示號誌，並透過 GPRS 將現場訊號傳回管理端，另發送簡訊通知管理者，同時告知其斷裂位置。

委員意見	意見回覆及辦理情形
	簡易迴路式則僅可提供斷橋資訊，無法定位，因此建議適用於小規模山區橋梁或便橋。
5. 此一警示系統運作皆需供電，其所使用之太陽能板需安裝於何處，儲存之電量是否足夠，建議後續之研究多加注意。	<p>5. 感謝委員建議。本警示系統供電方式可採用太陽能供電與市電供電二種型式（有市電則採用市電，若無則用太陽能供電，二者都有時則建議可二者搭配使用），故當連續陰雨天時，則可改採市電，如市電斷電時，則可透過太陽能持續供電，確保系統皆能順利運作。</p> <p>而太陽能板安裝之位置，僅需安裝於電池放置處即可，如可安裝於電池箱桿柱之上方等。</p> <p>電池儲存之電量部分，其備載時間於系統作動後須至少能運作 48 小時以上，另可視使用單位之需求增加電池，即可延長備載之時間。</p>

公路總局 何鴻文 副組長

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 斷橋發生時間幾乎皆在汛期，如系統有預警功能，常時需注意避免誤報，以免造成民眾不信任。	1. 系統之預警功能概念，主要透過將檢知器其中 1 條鋼索之預留長度縮小，當橋梁有較大變位，但尚未落橋時，即通知管理人員，而目前系統設計為需 2 條鋼索皆拉斷，才啟動警示設施，故當 1 條鋼索拉斷時，僅發簡訊通知使用者，並未啟動警示設施，故可避免誤報造成民眾不信任。
2. 後續系統如要申請專利，建議需多加注意，避免造成未來各單位使用之不便。	2. 遵照辦理。
3. 後續研究需注意系統之耐久性及耐候性，於汛期期間，其存活率有多少。	3. 本研究之檢知器皆進行環溫、防水及鹽霧測試；相關測試標準須符合 CNS 15015、CNS 14165 及 CNS 8886 Z8026 規定之測試方式。 檢知器並透過現地實際安裝，進行長時間之測試，以確實了解系統之耐久性及耐候性。
4. 目前警示系統之設備皆設於橋頭，如橋頭發生破壞，是否可於前方加裝警示燈，以避免民眾持續誤入。	4. 感謝委員建議。本研究之警示燈設置方式，可依「道路交通標誌標線號誌設置規則」設置，但建議至少

委員意見	意見回覆及辦理情形
	一跨一個。另橋頭部分，可提早於橋梁入口處前端設置警示設施，以提供民眾足夠之反應時間。
5. 為何此次試驗之場址選擇西湖橋。	5. 本次場址之選擇主要係測試系統長久穩定性及耐久性等方面為主，並考量計畫結束後之維護問題，因此暫時選擇公路總局所管轄之橋梁進行試驗場址，而考量施工成本、後續維護及施工環境等因素，故選擇西湖橋為試驗地點。 另參考本次專家學者座談會之意見，經與主辦單位協調後，暫訂改選近海之梅南橋為試驗場所。

#### 國道高速公路局

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 日後系統開放使用時，其資訊管理端之部分是否有使用數量之上限。	1. 資訊端之部分可能受伺服器容量影響而有上限之規定，可使用多台伺服器避免數量過大無法使用，或採雲端方式進行監控。

#### 公路總局第二區養護工程處

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 建議後續可提供系統成本，及未來維護管理經費，使使用者了解相關之建置費用。	1. 感謝委員意見，後續將以現地實際測試結果，提供相關安裝成本供參考。
2. 儀器耐久性及耐候性，是否有經過相關室內試驗驗證。	2. 本研究之檢知器皆進行環溫、防水及鹽霧測試；相關測試標準須符合 CNS 15015、CNS 14165 及 CNS 8886 Z8026 規定之測試方式。 檢知器並透過現地實際安裝，進行長時間之測試，以確實了解系統之耐久性及耐候性。
3. 建議未來提供現場安裝完成後之驗收項目，以及後續管理維護之內容。	3. 遵照辦理。
4. 警示設施部分，除蜂鳴器外，可否增加語音警示。	4. 警示設施之部分，因考量汛期期間，語音系統可能因颱風豪雨影響，造成駕駛人不易清楚警示內容，且其語音警示有其時間性，可能造成駕駛者無法即時反應，故目前建議仍以蜂鳴器聲響為主。

公路總局第五區養護工程處

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 橋梁破壞時可能會產生剪力破壞，而所產生之剪力是否亦能將磁鐵扯斷、扯開，建議後續研究時可多加注意。	1. 檢知器拉力之設定，主要係避免誤觸造成之誤報。其主要作動方式是透過鋼索將強力磁鐵扯下造成檢知器啟動，因此亦可透過變位來控制，而因鋼索本身伸縮性相對較小，故如變位超過鋼索預留長度，則立即會拉開強力磁鐵，啟動檢知器。
2. 警示系統安裝時，建議考量系統之安全性，避免遭竊。	2. 遵照辦理。
3. 如系統安裝於河川上游處，且檢知器安裝於橋梁側面版底部，當河水上漲，造成檢知器浸水，其準確性及可靠性是否會受影響。	3. 本研究之檢知器皆進行環溫、防水及鹽霧測試；相關測試標準須符合 CNS 15015、CNS 14165 及 CNS 8886 Z8026 規定之測試方式。測試結果顯示，其浸水後於其防水等級內，仍可發揮其應有之功能。
4. 如現場試驗有場址之需求，本單位亦願意提供試驗場址，以供測試。	4. 感謝委員意見。

公路總局

委員意見	意見回覆及辦理情形
1. 建議現地測試時，可選擇近海橋梁進行安裝測試。	1. 現地試驗場址，參考本次專家學者座談會之意見，經與主辦單位協調後，暫訂選擇近海之梅南橋為試驗場所。。
2. 建議後續研究需多考量系統建置及維護成本，如成本較低，則後續推廣、應用時將較為容易。	2. 感謝委員建議。



## 附錄 6 教育訓練與會人員意見回覆



## 附錄 6 教育訓練與會人員意見回覆

學員意見	意見回覆及辦理情形
<p>1. 建議系統能具有橋梁發生破壞時，同時通知使用者之功能，使使用者可快速進行處理。</p>	<p>1. 目前採用之檢知器警示系統，已具有定位和通報之功能，其控制器於常時會主動確認各組檢知器是否正常運作，當橋梁發生破壞，造成檢知器作動時，則控制器立即啟動現場警示號誌，並透過 GPRS 將現場訊號傳回管理端，另發送簡訊通知管理者，同時告知其斷裂位置。簡易迴路式則僅可提供斷橋資訊，但無法定位，因此建議適用於小規模山區橋梁或便橋。</p>
<p>2. 斷橋警示系統於斷橋時，利用簡訊通知橋梁管理人員乙節，建議考量運用目前廣泛應用之 LBS 技術，可同時通知橋梁附近之用路人相關資訊。</p>	<p>2. 感謝學員建議。LBS 雖可大範圍發送簡訊，但因需要設定發送範圍及發送時段，然本研究目的主要為建置橋梁斷橋警示系統，並非橋梁預警系統，故斷橋發生時間無法事先掌握，因此應用上目前尚無法即時通知橋梁附近之用路人。</p>
<p>3. 檢知器設置的位置，皆設置於橋梁伸縮縫上，如橋梁斷裂位置不在伸縮縫時，該如何得知橋梁已斷裂。另建議於橋頭及橋尾加裝自動柵欄，以使斷橋事件發生時，能確實阻止車輛進入。</p>	<p>3. 本研究所研發之檢知器基本上可安裝於任何位置，並不侷限於伸縮縫，但其安裝的位置則仍需由管理單位依不同橋梁型式或破壞模式決定。而本研究所提供之設置位置主要考量為橋梁的潛在破壞機制。一般而言，檢知器主要設置於橋梁伸縮縫兩側，連續樑可置於橋面板與橋墩之間，應可涵蓋因橋墩沖刷或過渡沉陷造成之橋面板破壞。若需考慮罕見破壞方式，則可利用扣環將檢知器之鋼索延伸至橋面板各處。</p> <p>感謝學員建議，此一功能於系統研發時，已納入系統架構中，但考量橋梁柵欄系統於建置及後續維護均較不易，且需額外提供電力等相關設施，為符合本研究計畫之宗旨：簡單，可靠（避免錯誤警報），設置及維護成本低，易於組裝、校正及維護等，故於本次研究中暫不將其納入，僅將其保留於後續可擴充之</p>

學員意見	意見回覆及辦理情形
	功能選項。
<p>4. 現地橋梁所安裝之鋼索檢知器，其鋼索預留長度為何，如何決定？</p> <p>警示設施之部分，其閃燈亮度是否有經過測試，確保白天與夜間皆能清楚警示，另蜂鳴器聲響是否有實際經過驗證，確保人員於車內仍能清楚聽到聲響。</p>	<p>4. 現地鋼索檢知器其預留長度，主要依據橋梁熱脹冷縮原理進行估算，推估所得之變化量約 0.53 公分，故第 1 條預警用之鋼索預留長度為 0.5 公分，第 2 條斷橋監測則預留 5 公分。</p> <p>本研究主要為斷橋警示系統之研究，故並未針對警示設施之部分訂定相關規格，僅提供警示設施所需之架構供管理單位參考。而目前現地所安裝之警示燈亮度及強度皆符合道路交通號誌設置標準，以確保警示燈之效果，蜂鳴器之部分尚無進行實際驗證，僅依據聲波因距離所造成之衰減頻率進行估算，當聲音衰減至 70 分貝時，即建議加裝一組蜂鳴器。</p>
<p>5. 目前利用橋梁變化量來進行監測，是否可用變位之方式來監測，當變位超過容許值但未達警戒值是，能否僅發簡訊不啟動警示設施，超過警戒值時再啟動現地警示設施。另所選擇之蜂鳴器廠牌是否會啟動一段時間便故障無法作用；如安裝柵欄機時，亦需注意柵欄放下之時機是否妥當，能否與現地警示設施相互配合，而簡訊接收人員設置則需確認是否適當。</p>	<p>5. 本研究所研發之檢知器警示系統已具備相關功能，其檢知器設有 2 條鋼索，而預警功能概念，主要係配合管理單位之需求，將檢知器其中 1 條鋼索之預留長度設定為容許值，第 2 條鋼索之預留長度則可設為警戒值；當斷橋尚未發生，但橋梁變位超過容許值扯落第 1 條鋼索時，即利用簡訊通知管理人員；而因目前系統設計為需 2 條鋼索皆拉斷，才啟動警示設施，故當橋梁斷裂或變位超過警戒值扯落第 2 條鋼索時，才啟動警示設施。</p> <p>另關於蜂鳴器等警示設施品牌之耐用性，及柵欄機啟動時機與簡訊接收人員設置等相關行政問題，將列於報告建議中，提供管理單位安裝時納入考量。</p>

## 附錄 7 期中報告審查意見表





## 附錄 7 期中報告審查意見表

### 交通部運輸研究所合作研究計畫

#### ☒期中☐期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：建置橋梁斷橋警示系統之研究（二）

執行單位：國立交通大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
<b>（一）鄔副組長廷祿（書面意見）</b>		
1. 報告書第 3-12 頁橋梁破壞位置定位方式由原先壓降定位改為 RS485 傳輸線定位乙節，請研究團隊補充其緣由、原設計方式待改進處、選用 RS485 之理由以及有無其他替代方案。	1. 其緣由說明於 P3-5 頁。將定位方式由壓降改為 RS485 傳輸，除可將檢知器接頭規格化及模組化，亦可減少現場繁瑣接線步驟，增加可靠度；另線路改採用 RS485 傳輸可於現場達到隨插即用之目的，無須率定不同檢知器對應之壓降大小，減少定位繁雜步驟及技術。另亦可將 RS485 傳輸線改為網路線等線路傳輸，但網路線有其傳輸距離限制、且設計較為複雜，故建議仍以較為穩定、簡易之 RS485 傳輸線為主。	同意
2. 報告書第 3-12 頁原先由檢知器內部延伸之鋼索改為直接由外部使用永久磁鐵連接乙節，請研究團隊補充採用此方式之緣由、兩者構造之差異及優劣分析。	2. 其緣由說明於 P3-5 頁。將鋼索利用強力磁鐵改為外接式，可於各方向進行監測，並增加至少兩組鋼索拉伸裝置，使其應用上更加彈性，增加檢知器的可利用性，亦可使檢知器本身無任何開孔，便於封裝保護及增加其耐久性。	同意
3. 報告書第 2.2.1 節引述之國外案例均屬美國的專利，請研究團隊蒐集其他國家相關案例。	3. 遵照辦理。	同意
4. 報告書照片及圖示不清，請研究團隊再予修正。	4. 遵照辦理	同意
<b>（二）高志鴻委員</b>		

1. 報告書第 1-1 頁研究範圍與對象，其研究的儀器主要係以中小橋及地區道路小橋為主，請確認是否能夠安裝於高速公路河川橋上，倘現階段尚不適合，建議在本節予以釐清，以定義研究範疇。	1. 本研究所研發之系統，除簡知器因較簡易，係針對成本及重要性較低之橋梁或臨時便道設計，檢知器及 TDR 警示系統皆能適用高速公路之河川橋。	同意
2. 報告書第 2-27 頁之 2.3.1 問題評析第 5 行「因此有必要透過此本研究」，「此」為贅字。	2. 感謝委員建議，已修正。	同意
3. 報告書第 3-20 頁圖 3-16 安裝示意圖，為方便日後檢測與維修，檢知器建議安裝於護欄上緣側，以確保維護人員安全。	3. 檢知器主要安裝於橋梁伸縮縫或橋梁與橋墩交接處等位置，以便橋梁斷裂時能立即啟動，故於此原則下，其安裝位置可視管理機關需求及現地橋梁情況進行調整。但建議仍安裝於橋梁外側，減少人為破壞因素。	同意
4. 報告書第 4-1 頁第 13 行，「小於規範 PI 值，..」，目前規範並無定義其值為多少屬於標準值，僅有計算式供管理單位參考。	4. 感謝委員建議，已修正。	同意
5. 報告書第 4-1 頁有關現地安裝部分，為檢驗其成效，建議可否安裝於目前公路總局跨河段之臨時便橋上，當豪雨或颱風來臨斷橋時，可發揮預期的功效，適時警告用路人禁止進入，增加實戰經驗。	5. 感謝委員建議，現地試驗因考量 99 年已於谷關-篤銘橋進行全系統及實際斷橋的系統作動測試驗證，且測試成效良好；而目前仍較缺乏系統現地長期測試之資料，另參考 99 年委員與專家學者意見，故將此次現地試驗之目的定位為測試警示系統整體長期之穩定性、耐候性及可靠度等項目。	同意
6. 報告書第 4-2 頁梅南橋儀器安裝現地照片，建議增加橋梁平面圖並標示儀器設置位置，較能掌握橋梁與儀器間相互關係。	6. 遵照辦理。	同意
7. 報告書第 4-3 頁 LED 警告標誌，因梅南橋為單向 3 車	7. 感謝委員建議。此部分之安裝因考量安裝成本之問	同意

道，為確保內側車輛不會因外側車輛遮擋無法看到警告標誌，建議中央分隔帶增加 1 組標誌。	題，故於此次現地試驗仍維持原安裝設計；未來將於報告中建議管理單位可額外於中央分隔帶進行安裝。	
8. 未來之工作內容中，建議可否將對民眾之宣導納入規劃，利用宣導，介紹此項系統之功能，因為用路人需知道警示系統啟動時，應如何反應避災。	8. 宣導工作不在本計畫範圍。後續將於報告中，建議管理機關安裝前需對民眾進行宣導，使用路人確實了解系統之功能。	同意
9. 本項系統研發結果如證實可大量推廣使用，建議新建橋梁設計時，相關之管線及設備可採預埋方式，除可防竊外，尚可延長使用壽年，及增加結構物外觀之美麗。	9. 感謝委員建議。本計畫主要針對能夠適用於老舊橋梁，新建橋梁可改採欲埋設方式設置，但須考慮後續維護的問題。	同意
<b>(三) 鄧文廣委員</b>		
1. 本計畫是好的研究題材，研究團隊從第一期研究計畫至今作了許多研究。	1. 感謝委員肯定。	同意
2. 本研究主要針對去年研究成果進行精進，其中針對檢知器警示系統，提出長短兩條鋼索拉伸裝置，提供預警，當短的鋼索裝置啟動則產生預警，長的鋼索裝置啟動才為斷橋；然回到原設計概念，斷橋警示與預警兩者有異，若有預警則牽涉初始值之設定。若研究仍維持長短兩種方式之設計，則必須於研究報告中加註說明其長度初始值訂定之方式，以避免誤報。	2. 本研究主要標的仍為橋梁發生斷橋破壞時，能即時提供警示，避免用路人持續誤入。而系統之預警功能概念，主要透過將檢知器其中 1 條鋼索之預留長度縮小，當橋梁有較大變位，但尚未落橋時，即通知管理人員，但目前系統設計為需 2 條鋼索皆拉斷，才啟動警示設施，故當 1 條鋼索拉斷時，僅發簡訊通知使用者，並未啟動警示設施，故可避免誤報造成民眾不信任。	同意
3. 橋梁系統有很多種型式（包含不同構造型式），請研究團隊定義所研發各警示系統所適用之橋梁，包含橋梁型式（連續梁、簡支梁等），並載於期末報告。	3. 遵照辦理。基本上都能適用，只是需要考慮不同橋梁的破壞模式及安裝位置。	同意
4. 研究報告圖 2-4 及圖 2-5 等橋梁破壞型式主要係地震所造成的災損，且引用之資料有支承損壞然尚未產生	4. 因本研究重點在於斷橋警示系統研發，文獻回顧之斷橋照片僅表示橋梁有可能產生之破壞模式，並用於評	同意

落橋之情形，建請釐清並說明所引用資料與斷橋警示系統之關聯性並酌予調整。	估警示系統適用性。本研究目的在於當橋梁發生上述可能破壞時（無論地震、水災、土石流等何種因素所造成），於橋梁整體任一狀況改變，皆有可能造成落橋（如橋面板斷裂、橋墩(台)倒塌、橋梁整體破壞等），則可利用本計畫研發之警示系統通知用路人不可再進入橋梁，以提供最後一道防線。	
5. 斷橋警示系統之佈設方式主要在橋梁兩外側，請於報告中敘明其原因。	5. 遵照辦理。其安裝於外側主要係考量施工安裝及後續維護檢測之便利性，另安裝於外側亦可降低人為破壞因素。	同意
6. 請研究團隊補充說明檢知器警示系統之鋼索佈設方式，是否以水平佈設較垂直佈設為佳。	6. 佈設方式主要係考量監測目的及性質，如安裝於伸縮縫則採水平佈設；如安裝於橋梁與橋墩間則採垂直佈設，故二種安裝方式隨監測需求不同而改變，尚無明顯之優劣區別。	同意
7. 請研究團隊說明斷橋警示系統於平常時橋梁未破壞時，是否可能發生誤報。	7. 本研究目前系統設計為需 2 條檢知器鋼索皆拉斷，才啟動警示設施，故當 1 條鋼索拉斷時，僅發簡訊通知使用者，並未啟動警示設施，故可避免誤報；而簡易迴路式亦增加 1 條監測迴路，當 2 條迴路皆破壞才啟動警示系統，以減少誤報之情形。	同意
<b>（四）何鴻文委員</b>		
1. 請研究團隊於報告內說明：警示系統適用於何種橋梁型式，如簡支架構或連續梁等。	1. 遵照辦理。基本上都能適用，只是需要考慮不同橋梁的破壞模式及安裝位置。	同意
2. 期中報告及簡報資料引述中央大學於新竹建置之系統，較趨近橋梁監測預警系統，請修正；另其施作之橋梁應為「重點監控橋梁」。	2. 感謝委員建議。中央大學所研發之警示系統除預警系統外，另包含斷橋警示監測之部分，其斷橋警示監測項目則以橋墩傾斜與橋面斷裂為監測目標，故報告中主	同意

	要係針對斷橋警示部分描述。	
3. 報告書第 1-1 頁有關后豐斷橋及八八水災斷橋似有人車不慎誤入乙節，建請再予確認並酌修。	3. 遵照辦理。	同意
4. 報告書第 3-5 頁不同型式警示系統乙節，請研究團隊於報告書中詳述。	4. 遵照辦理。報告中不同型式之警示系統，主要係指不同型式之警示設施裝置，如閃紅燈、特種號誌閃燈等型式。	同意
5. 報告書第 3-5 頁提及系統可擴充加裝水位、雨量監測等功能，因涉及預警，請研究團隊說明其如何與斷橋警示系統相互搭配，及其警戒值之訂定方式	5. 本研究目的主要為建置橋梁斷橋警示系統，故水位偵測部分非本研究所涵蓋範圍，其僅為系統所預留之監測項目，以便後續如有相關機關需進行偵測時，可直接擴充；故封橋水位等相關規範，亦配合各管理機關訂定。	同意
6. 報告書第 3-9 頁 TDR 有延遲之情形，提出額外使用另一收波系統，或採用 USB 型式，請說明此改良方式是否為相同之系統，另其為並存或擇一之改善措施。	6. 二種改良方式為不同之系統，因目前所使用之 TDR 主機係採 RS232 線路傳輸，故速度較慢，如將其改為 USB 型式，則可改善其延遲問題；另因目前儀器送波及收波均由同一台 TDR 主機進行量測，故如將送波及收波由二台儀器負責，亦可減少延遲問題；故其為二者擇一之改善措施。	同意
7. 報告書第 3-8 頁圖示不易對應，請再予更新修正。	7. 遵照辦理。	同意
8. 斷橋警示系統於斷橋時，利用簡訊通知橋梁管理人員乙節，建議考量運用目前廣泛應用之 LBS 技術，可同時通知橋梁附近之用路人相關資訊。	8. 感謝委員建議。LBS 雖可大範圍發送簡訊，但因需要設定發送範圍及發送時段，然本研究目的主要為建置橋梁斷橋警示系統，並非橋梁預警系統，故斷橋發生時間無法事先掌握，因此應用上尚無法即時通知橋梁附近之用路人。	同意
9. 檢知器已有防水、防塵等試驗，請研究團隊補充控制系	9. 遵照辦理。	同意

統耐候性及防水性等試驗。		
10 請研究團隊補充警示系統(簡報第 18 頁警示系統原型架構圖)如何避免人為安裝不裝錯。	10. 本計畫除提供現地安裝手冊外，另所研發之警示系統於現場安裝完成後，現地人員可立即進行系統檢測，了解各項設施作動情況及對應位置是否正確，如有發現錯誤，可立即進行改善，如此便可避免因人為安裝錯誤，造成後續無法使用之問題。	同意
11 研究團隊僅針對檢知器及簡易式兩種系統進行現地試驗，然有關 TDR 警示系統之改良成果(含耐久性)之驗證應予說明，並補充不進行該系統現地試驗之原因。	11. 遵照辦理。相關說明如報告書 P4-1 所述。	同意
12 報告書第 4.2.2 節有關警示系統維護流程及附錄 2 橋梁斷橋警示系統檢測表提及 TDR 警示系統，請研究團隊再予補充。	12. 遵照辦理。	同意
<b>(五) 林呈委員</b>		
1. 本計畫對於國內外新進研發斷橋警示系統已有回顧詳述，並對本計畫(一)之技術瓶頸作了不少技術改良及新式研發，值得肯定。	1. 感謝委員肯定。	同意
2. 如橋梁發生沉陷，造成橋面出現落差，但橋梁無斷裂，此時駕駛人可能因路面不平，造成車禍，發生危險，建議未來可思考如何於此一情況發生時，系統亦能發揮警示之功能。	2. 本研究主要標的係於橋梁發生斷橋破壞時，能即時提供警示，避免用路人持續誤入，若未造成橋梁倒塌破壞，或是橋梁尚能維持既有功能(如沉陷)，則警示系統有可能不會發生作用。但利用兩條不同長度鋼索設計，過度沈陷可啟動短鋼索，通報管理人員。	同意
3. 請研究團隊說明 TDR 警示系統是否擬安裝於臺 1 線梅南橋上測試。	3. 相關說明如報告書 P4-1 所述。本計劃考量 TDR 警示系統未來雖有其發展性，但主機目前仍太昂貴，且需相關專業人員進行主機及程	同意

	式安裝、分析，而前期計畫已做過實際之驗證，另本年度重點不單純僅是警示系統的建置，更重要得是能提供公路管理機關實務上使用，將研發之系統推廣至公路管理機關，故此次現地安裝試驗方面，主要係以後續較易推廣之檢知器及簡易迴路式為主。	
4. 以今日簡報內容觀之，由於量測安裝、材料技術之進步，甚至使用多重迴路之檢測系統，似乎已可對橋梁墩基下陷然尚未斷橋之情形，提出預警及觸發警示及停車動作。	4. 感謝委員建議。但考量本研究主要標的係於橋梁發生斷橋破壞時，能即時提供警示，避免用路人持續誤入，若橋梁墩基下陷未造成橋梁倒塌破壞，則警示系統有可能不會發生作用。但利用兩條不同長度鋼索設計，過度沈陷可啟動短鋼索，通報管理人員	同意
5. 本研究中使用若干不同型式之斷橋警示系統，嚴格來說，每種系統於啟動警示系統前，均應有所謂「門檻值(threshold)」之設定。建請以某一特定橋梁(具備一定垮徑及已知墩柱基礎型式)予以計算初擬，俾便閱讀者或未來使用者能有深入瞭解	5. 本研究主要標的為橋梁發生斷橋破壞時，能即時提供警示，避免用路人持續誤入，因此警示系統最重要的功能，係應要於橋梁破壞瞬間，立即啟動警示系統，達到警示效果。而本研究非做為預警之用，因此並無「門檻值」或「初始值」之訂定。但可利用兩條不同長度鋼索設計，根據橋梁型式設定短鋼索之保守門檻值，可由後續監測情況修正該門檻值之合理性。	同意
6. 整本報告中列印諸多圖型或相片解析度(清晰度)尚有不足，建請改善。	6. 遵照辦理。	同意
<b>(六) 許書耕委員：</b>		
1. 有關委員所提各種橋梁型式適用的警示系統之種類，及其於橋梁裝設方式(含位置)，請研究團隊後續再予補充。	1. 遵照辦理。	同意
2. 建議針對整體系統進行弱點	2. 遵照辦理。	同意



評估，並就弱點進行耐久性或耐候性等測試，確保系統能順利運作。		
<b>(七) 運輸工程組：</b>		
1. 請研究團隊統一文字，如「橋梁」二字，避免「橋樑」、「橋梁」混用之情形。	1. 遵照辦理。	同意
2. 有關委員所提採用門架式裝設警示設備及搭配柵欄封橋設備等，建議加入期末報告內容。	2. 遵照辦理。	同意
3. 報告書圖片及圖示不清，及TDR改善應補充定量改善成果等較細微的內容修改意見，於後續本組召開之工作會議中再提出請交通大學修正。	3. 遵照辦理。	同意
<b>(七) 主席結論：</b>		
1. 警示單元之設計應考量用路人習性及識別性等因素。	1. 感謝委員建議。本研究主要目的為斷橋警示系統之研發，因此警示單元（號誌）部分，本研究已於報告內建議其應俱備之架構需求，以利與研發之斷橋系統進行搭配，而警示單元之型式則建議依道路交通標誌標線號誌設置規則規定，並考量安裝地點、管理機關需求等，由管理機關自行決定。	同意
2. 有關橋梁破壞除於伸縮縫處外，於橋梁跨徑中央處亦有可能產生，請研究團隊說明安裝位置是否限於伸縮縫處。	2. 檢知器的設置位置主要考量為橋梁的潛在破壞機制。一般而言，檢知器主要設置於橋梁伸縮縫兩側，連續樑可置於橋面板與橋墩之間，應可涵蓋因橋墩沖刷或過渡沉陷造成之橋面板破壞。若需考慮罕見的中間橋面板破壞（僅中間橋面板破壞，二側之伸縮縫無破壞），則可利用扣環將檢知器之鋼索延伸至橋面板各處。	同意
3. 有關委員所提沉陷乙節，請委辦團隊再予考量並納入	3. 遵照辦理。	同意

研究報告內。		
4. 研發系統應注意可維護性、預期妥善率及可靠度，請研究團隊說明研發之斷橋警示系統所使用之儀器是否皆適用於室外，保固期與壽年，及其使用期間之可維護性妥善率及可靠度。	4. 本研究所研發之檢知器及控制器等，所採用之零件均為工業用等級，如 RS485 傳輸線其可靠度，20 萬小時故障率約 0.07%；控制器及檢知器元件皆超過 4 萬年使用年限，而其模組亦皆通過相關規範之耐候性測試，故均可適用於戶外；另保固則依合約規定，於計畫結束後保固一年。	同意
5. 感謝各位委員前來參與此計畫之期中報告審查會議，並提供許多寶貴的意見，也感謝國立交通大學研究團隊的報告、說明。	5. 感謝各位委員寶貴意見。	同意
6. 本案期中報告原則通過，請研究團隊依各位委員及承辦單位之意見研提處理情形答覆意見。	6. 遵照辦理。	同意
(八) 散會		



## 附錄 8 期末報告審查意見表



## 附錄 8 期末報告審查意見表

### 交通部運輸研究所合作研究計畫

#### ☐期中☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：建置橋梁斷橋警示系統之研究（二）

執行單位：國立交通大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
<b>（一）鄔廷祿委員：</b>		
1. 本研究較第一代橋梁斷橋警示系統在系統、耐候、安裝、操作、維護等皆有精進，應符合研究目標，應予肯定。	1. 感謝委員肯定。	同意
2. 本年度研究業將第一代橋梁斷橋警示系統的成果予以精進，建議將相關成果儘量予以量化並綜整列表，以明確列出本研究之成效。	2. 遵照辦理。	同意
3. 請研究團隊補充說明，本研究成果該如何推廣。	3. 本研究工作項目內之推廣，主要係針對技術性方面，故已於 11/9 舉辦教育訓練，將所研發之警示系統進行宣導，使第一線管理人員得知有此項監測技術可使用，而後續於行政、政策等部分之推廣、應用，則需由相關單位研擬。	同意
4. 請研究團隊補充說明，如橋梁管理機關辦理本研究成果之採購時，有無「專利」的問題。	4. 考量未來推廣之便利，故去年已將技術採公開揭露之方式附於報告書中，故後續採購應無專利之問題。	同意
5. 請研究團隊補充說明，檢知器之 2 條檢知鋼索，其警戒值與行動值該如何訂定。	5. 本研究主要標的仍為橋梁發生斷橋破壞時，能即時提供警示，避免用路人持續誤入。而系統之預警功能概念，主要透過將檢知器其中 1 條鋼索之預留長度縮小，當橋梁有較大變位，但尚未落橋時，即通知管理人員，故其長度訂定原則可依橋梁設計之最大安全容許	同意

	值或橋梁伸縮縫熱脹冷縮變化範圍等依據，將其預留長度設為約小於橋梁設計之最大安全容許值。而另一斷橋監測用之鋼索預留長度則建議大於上述鋼索之2~3 倍。	
<b>(二) 高志鴻委員：</b>		
1. 報告書第 I 頁摘要之倒數第 9 行之「簡易迴路式」，建議加「系統」2 字，俾與前 2 系統呼應。	1. 遵照辦理。	同意
2. 報告書第 3-11 頁倒數第 4 行之包「含」誤植為「涵」；第 4-2 頁倒數第 3 及 4 行亦同。	2. 遵照辦理。	同意
3. 報告書第 3-12 頁，倒數第 4 行及第 5 行之「如圖 3-13」，「如圖 3-12」應互換。	3. 遵照辦理。	同意
4. 報告書第 4-2 頁倒數第 2 及 3 行之氣「候」誤植為「侯」，第 4-4 頁表 4-1 項次 4 亦同。	4. 遵照辦理。	同意
5. 報告書第 5-2 頁第 3 行最後 1 句「為解決第因 TDR 主機規格限制，」誤意不明。	5. 遵照辦理。	同意
6. 報告書附錄 6 第 1 欄「委員意見」可能係「學員意見」之誤植；第 2 欄第 2 項及第 3 項「感謝委員建議」亦同。	6. 遵照辦理。	同意
7. 建議後續安裝時，應需注意避免影響用路人之路權，且各系統設施可加裝防竊設備避免遭竊。	7. 感謝委員建議，將提供於後續管理單位參考。	同意
8. 建請運研所考量本項研究成果可否開放由市場推廣。	8. 感謝委員建議，	同意
<b>(三) 何鴻文委員：</b>		
1. 研究結果大致符合本研究計畫之目的，應予肯定。	1. 感謝委員肯定。	同意
2. 報告書第 2-1 頁參考文獻中，有關人員傷亡之數字應再確認、查證。	2. 遵照辦理。	同意
3. 報告書第 2-3 頁，表 1-1 所提及之安全監測預警系	3. 遵照辦理。此處所提之安全監測預警主要係指現有橋	同意



<p>統，其內容應再確認。</p>	<p>梁之健康監測為主，並非為新建之橋梁。因橋梁出現異常時，仍需藉由安裝各項監測儀器，以獲得相關數據及參數，並配合專家、學者進行分析，設定警戒值/行動值，或決定後續處理之方案；而斷橋監測則不需設定警戒值或行動值，係當橋梁發生破壞後，即立刻啟動警示設施進行警示，並同步通知管理人員進行現場管控與維護。</p>	
<p>4. 有關 TDR 警示系統時間延遲之問題，今年已於實驗室進行改善與測試，然去年延遲問題係於現地試驗所發現，此二者之比較基礎似不相同，建議研究團隊將去年研發之 TDR 警示系統於室內進行測試，期在相同比較基準下，以了解實際改善成效。</p>	<p>4. TDR 時間延遲之問題，主要為波形量測完後，要傳送至主機進行分析時，所產生之延遲問題，故與室內或現地試驗方式無關。主要係因原先使用之 RS232 傳輸方式較慢，將其改為 USB 傳輸即可解決此一問題。</p>	<p>同意</p>
<p>5. 請研究團隊補充說明，現地警示系統安裝至目前為止，有無出現需維護或更換之項目或情形。</p>	<p>5. 現地警示系統安裝至目前為止皆運作順利，僅因 GPRS 傳輸格式問題，而造成系統當機，目前已將傳輸格式進行修改，排除系統當機之問題。</p>	<p>同意</p>
<p>6. 檢知器新增之 2 條檢知鋼索，主要係增加系統之可靠度，避免誤報，雖第 1 條鋼索可兼作為預警之用，但其啟動時，未必管理人員可即時至現場檢驗，又如此時第 2 條鋼索又啟動，可能造成後續有責任歸屬之問題，故建議將設置 2 條檢知鋼索之目的，明確定位為提高可靠度即可。</p>	<p>6. 本研究此次所新增之 2 條鋼索，主要係考量 99 年專家學者與教育訓練等第一線管理人員之需求，故提出可將第 1 條檢知鋼索預留較小之長度，做為預警之用，以提供管理人員監測斷橋發生前之異常現象。故當第 1 條鋼索拉開時，其管理人員便能得知訊息，至現場檢驗是否因設置之預留長度較小或係受外力拉扯所造成，確認無危險後，即可重新調整進行監測；而斷橋監測則為 2 條鋼索斷裂才啟</p>	<p>同意</p>

	動警示系統，故原則上並不相互衝突。而本研究雖提出此預警之技術，但實際應用時，仍可由管理單位自行決定是否需採用此一預警監測之方式，或單純僅用於斷橋監測，增加管理單位使用之彈性。	
7. 目前系統之簡訊功能僅係將相關資訊發送予管理員，建議研究團隊可考量運用適地性服務 (Location Based Service, LBS)技術將資訊一併通知用路人。	7. 感謝委員建議。LBS 雖可大範圍發送簡訊，但因需要事先設定發送範圍及發送時段，且其主機系統目前尚未對外開放，故無法結合本研究之系統，然本研究目的主要為建置橋梁斷橋警示系統，並非橋梁預警系統，故斷橋發生時間無法事先掌握，因此應用上尚無法達到即時通知橋梁附近之用路人。但可於斷橋發生後，由管理人員向電信業者申請，於指定範圍內，針對斷橋附近之用路人，進行簡訊發送通知。	同意
<b>(四) 許書耕委員：</b>		
1. 請研究團隊補充說明，檢知器之第 1 條鋼索如拉斷後，相關管理人員如何進行現地檢驗，加以確認系統之功能，並說明如何讓將已拉斷之鋼索予以復原，俾使系統繼續正常運作。	1. 檢知器啟動，主要係檢知器上之強力磁鐵因受橋梁變位，或其他外力等因素而拉開，造成檢知器啟動。故此處之拉斷，係指強力磁鐵遭拉開，並非指鋼索被拉斷，因此如預警用之鋼索遭拉開後，管理人員可至現場檢驗是否因原先所預留之長度不足或其他外力所造成，此時可依需求，調整鋼索之預留長度，再將磁鐵吸回即可繼續監測；如係因變位已確實超過預設值所造成，則需依各管理機關之橋梁管理辦法進行維修、檢驗。	同意
2. 誤報係警示系統失敗之最大原因，研發團隊再加強說明	2. 感謝委員建議，相關說明如 3.2 節所述。	同意

本研究避免或降低系統誤報問題之方式。		
3. 請研究團隊整理並補充系統安裝所需之概估成本，俾利後續推廣。	3. 遵照辦理，相關說明如 4.1 節所述	同意
4. 有關後續民眾宣導、教育部分，主要關鍵應著重於民眾所接獲之訊息，是否能有效遵守，建議研究團隊於結論與建議乙章補充其應否與道路交通安全條例等相互結合，以達到較良好之宣導效果；或搭配本所研發之主動式告知服務系統（智慧型手機語音廣播系統）加以輔助，俾使警示系統確實發揮效果。	4. 感謝委員建議，將相關建議提供後續管理單位參考。	同意
<b>（四）運輸工程組：</b>		
1. 請研究團隊於報告書內補充說明本研究採用精進第一代橋梁斷橋警示系統之方式，而非創新地提出更經濟且更符合實務單位需求等之系統之理由，以回應本所研究主題與重點。	1. 遵照辦理。	同意
2. 期末報告第 3.1 節第一代橋梁斷橋警示系統之檢討，建請詳列其優、缺點，並於第 3.2 節就前開缺點詳述本研究所作之精進、改善措施。	2. 遵照辦理。	同意
3. 期末報告中較細微的內容修改意見，將於會後再提供交通大學修正（如報告格式、圖示文字不清、文獻回顧資料引用格式等）。	3. 遵照辦理。	同意
<b>（五）主席結論：</b>		
1. 本次期末報告審查通過。	1. 遵照辦理	同意
2. 感謝研究團隊之努力及各委員與各單位與會代表提供的寶貴意見。	2. 感謝各位委員寶貴意見	同意
3. 請研究團隊針對各委員及與會代表所提之建議事項做回應與修正，相關建議事項如屬契約範圍，請研究團隊	3. 遵照辦理	同意

務必如期如質完成。		
4. 後續相關的行政作業請合作團隊配合儘快辦理，並請於12月27日前提送修正定稿，研究成果繳交時，請包括相關的操作作業手冊、程式原始碼。	4. 遵照辦理	同意
(八) 散會		

## 附錄 9 期末簡報



## 附錄 9 期末簡報

# 建置橋梁斷橋警示系統之研究(2)

## 期末簡報

簡報者：林志平 教授



民國 100年12月20日

## 簡報大綱

1. 研究目的
2. 橋梁破壞即時警示系統定位
3. 第二代橋梁警示系統精進、改善方式
4. 第二代橋梁警示系統架構
5. 警示系統現地安裝與試驗
6. 警示系統安裝與維護SOP及教育訓練
7. 結論與建議



## 研究目的

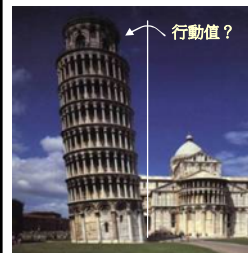
- 針對運研所99年「建置橋梁斷橋警示系統之研究」研究成果，作進一步**精進與改良**，使之更符合實務單位需求
- 重點係能將研發之系統**推廣至公路管理機關**，並將系統辦理移交，俾利協助第一線橋梁管養單位作業之需求

**可靠↑(零誤報) + 易於組裝/測試、校正/維護，成本低**

## 橋梁斷橋警示系統定位

### ■ 安全預警監測 vs. 斷橋警示監測

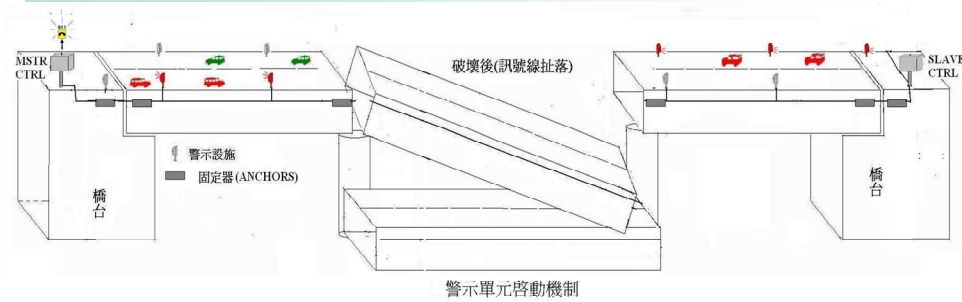
	安全預警監測	斷橋警示監測
監測頻率	天/月	無監測頻率，斷橋事件發生即啟動
警戒門檻值	模糊	無門檻值，斷橋事件發生即啟動
由誰判讀	專家	第一線管理人員
儀器訴求	較精密	<b>可靠性高 (零誤報)</b>



### ■ 系統需求：

具高可靠度，耐候性與耐久性，易於組裝及測試、校正及維護，建置、使用及維修成本低。

## 第一代橋梁警示系統設計理念

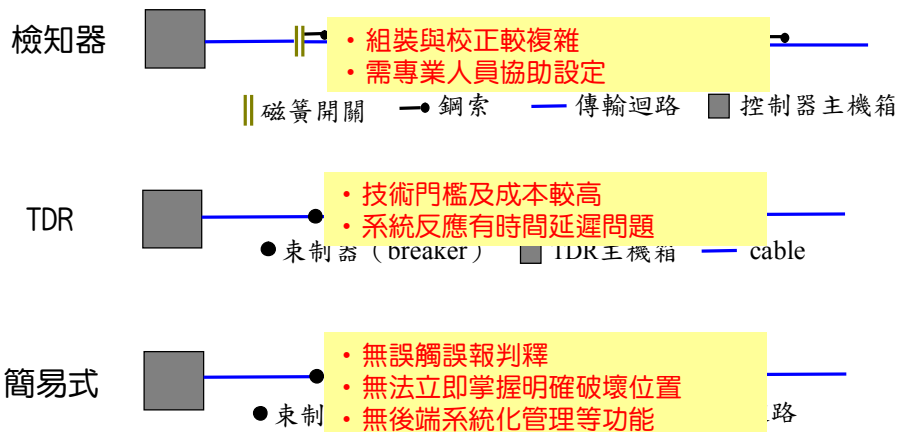


### ■ 基於迴路式系統之簡易性與可靠度為啟發

1. 改良方式一：於迴路線路上增加檢知節點
2. 改良方式二：利用纜線雷達檢測迴路任何位置
3. 簡化版：架構相同，控制系統簡化



## 第一代橋梁警示系統問題評析

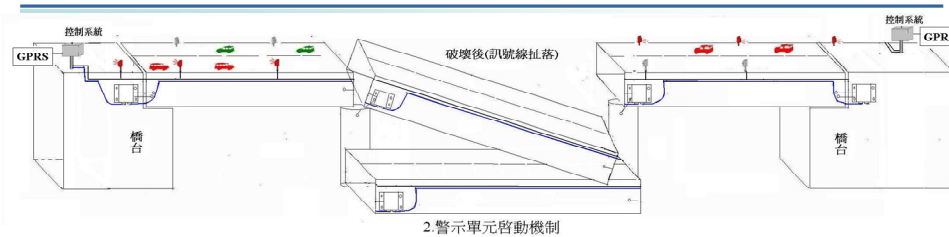


## 各感應子系統之精進改善與定位

- 精進改善鋼索檢知器系統，使完整達到本年度計畫目標。
- 精進改善簡易迴路式系統，提供規模較小與重要較低之橋樑的替代方案。
- 解決TDR斷橋監測系統之關鍵問題（時間延遲），做為未來以TDR為核心之整合性橋樑監測系統



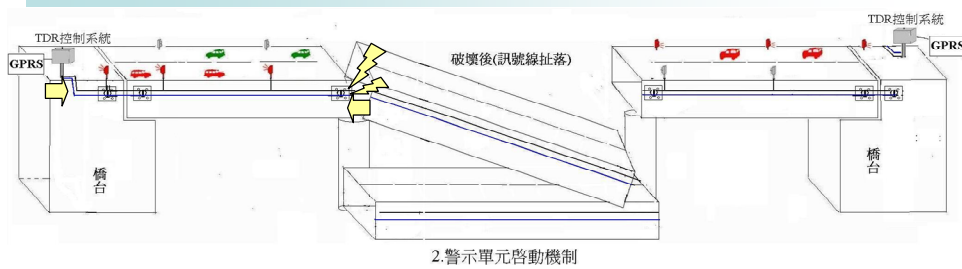
## 橋梁警示系統改善-檢知器系統



- 壓降感測改為RS485迴路(隨插即用)
- 檢知鋼索 x 2 (贅餘/彈性)
- 檢知器模組化/標準化/密封
  - ☑ 可靠度
  - ☑ 耐候性/耐久性
  - ☑ 易安裝/測試/拆卸
  - ☑ 易校正/維護
  - ☑ 低成本
  - ☑ 自我偵錯、低耗電



## 橋梁警示系統改善-TDR系統

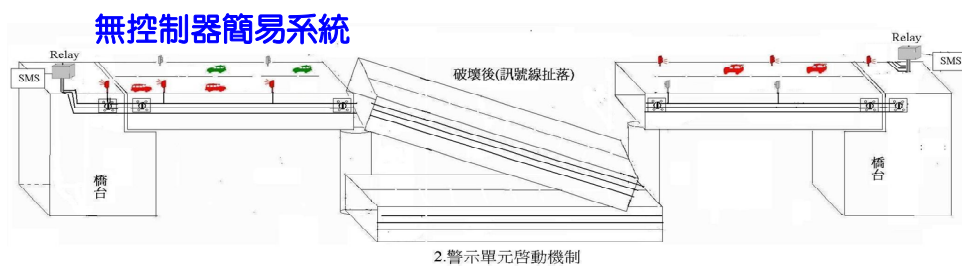


■將TDR送波及收波系統分開，如使用原先之TDR100進行量測，但額外使用另一收波系統進行接收，增快反應時間。

■採用其他TDR主機，如USB TDR等型式



## 橋梁警示系統改善-簡易迴路式



■額外增設一組檢測迴路，提升可靠度，即二組迴路皆破壞，才警報。

■維持無控制器設計，但額外搭配簡易簡訊發報器，將訊息回傳通知管理單位。

■以傳統繼電器做為現地警示訊號啟動裝置，以減少技術之困難度



## 警示系統架構

- **斷橋感應線路子系統**
  - 感測方法：**簡易迴路式**、**檢知器迴路系統**與**TDR雷達系統**
  - 可分辨斷橋觸發與斷線；可定位橋梁破壞位置（簡易迴路式無此功能）
  - 安裝機構（確保斷橋觸發；避免非斷橋引致線路破壞）
- **控制器子系統（optional）**
  - 簡易迴路式無控制器系統
  - **（雙）主控制器（雙向）控制**
  - 控制器的穩定性與贅餘性
- **警示子系統**
  - 管理人員通報
  - 斷橋警示號誌設置方式

國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
Research Center for Road and Water Environment

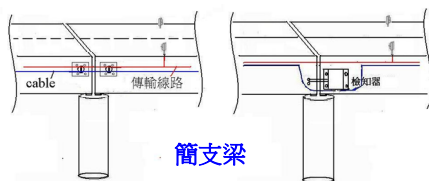
## 感應線路安裝原則

主要安裝考量：**橋梁潛在破壞機制**

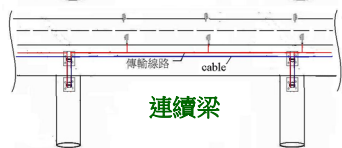
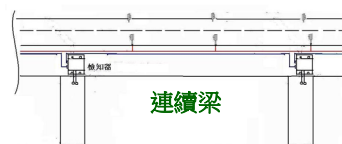
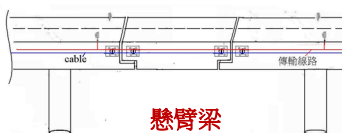
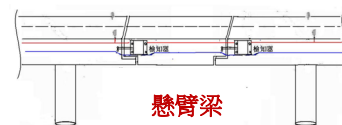
主要安裝位置：

- 1、**簡支梁**：伸縮縫兩側
- 2、**懸臂梁**：鉸接處兩側
- 3、**連續梁**：橋側面板與橋墩交界處

→ 建議由**橋樑或結構工程師**確認檢知器或感應線路安裝位置的合適性。



國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
Research Center for Road and Water Environment



## 橋梁警示系統架構-檢知器系統



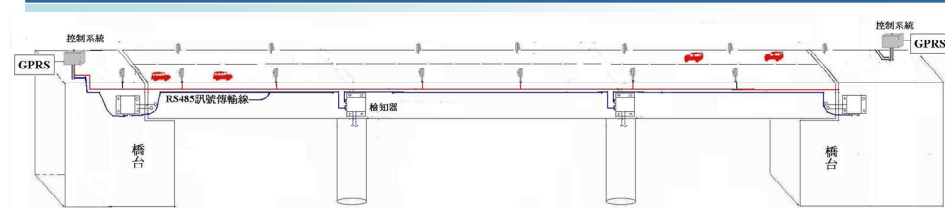
### 檢知器整體系統可分為

- 感應線路子系統 (檢知器)
- 警示子系統 (LED、閃光燈、蜂鳴器)
- 控制器子系統



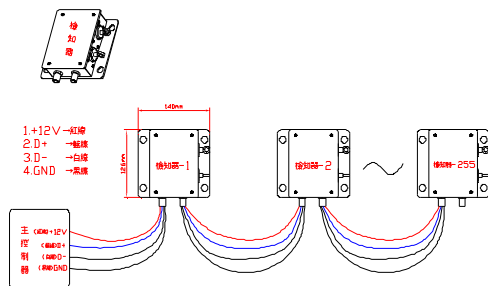
國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
Research Center for Traffic and Water Environment

## 橋梁警示系統架構-檢知器系統-感應線路子系統



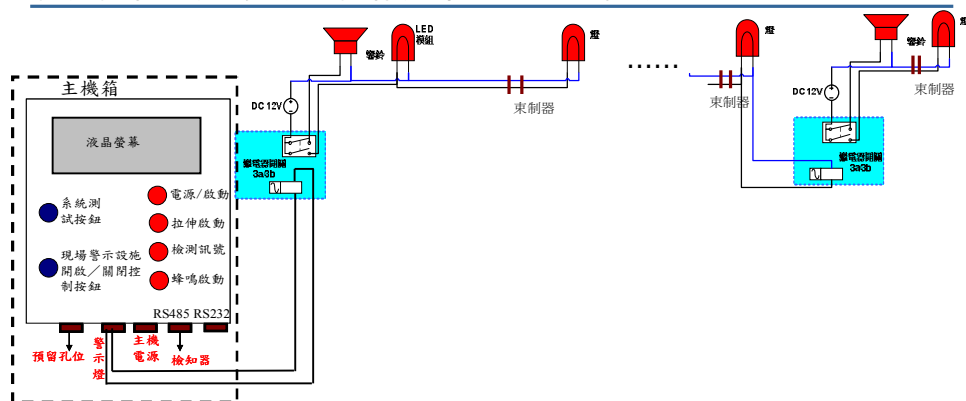
### 檢知器系統-感應線路子系統 (檢知器)

- 磁簧開關配備鋼索監測 (多方向性監測)
- RS485傳輸線串接 (四心：二電源線、二訊號線)
- 可視鋼索配置達到預警效果



國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
Research Center for Traffic and Water Environment

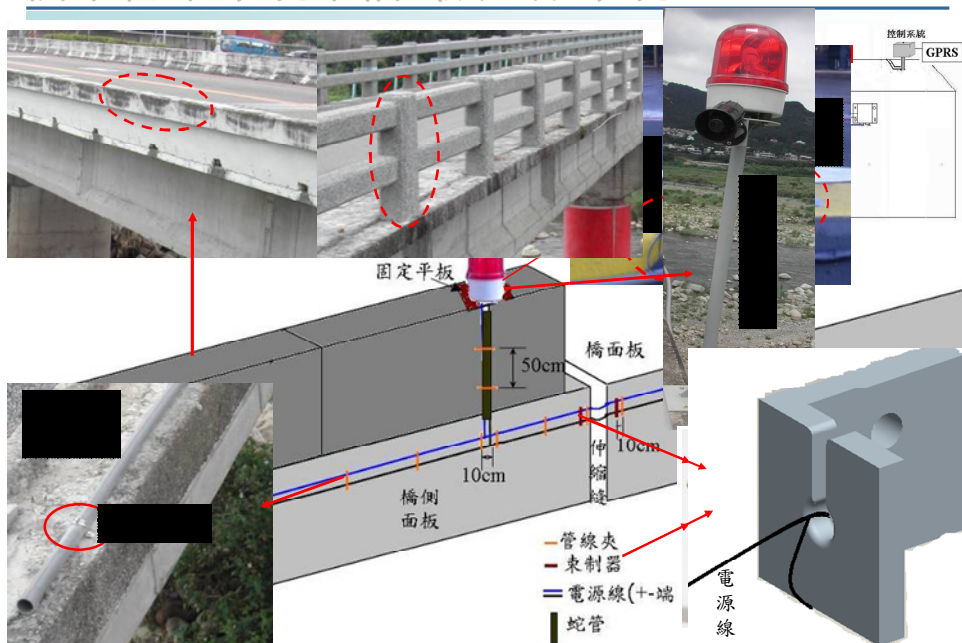
## 橋梁警示系統架構-檢知器系統-警示子系統1



- 橋頭設立警示看板
- 橋梁入口處設置LED警示燈（未作動時需讓用路人不易辨別警示內容）
- 橋梁二側依安全間距設置閃紅燈（但一跨至少一個）



## 橋梁警示系統架構-檢知器系統-警示子系統2

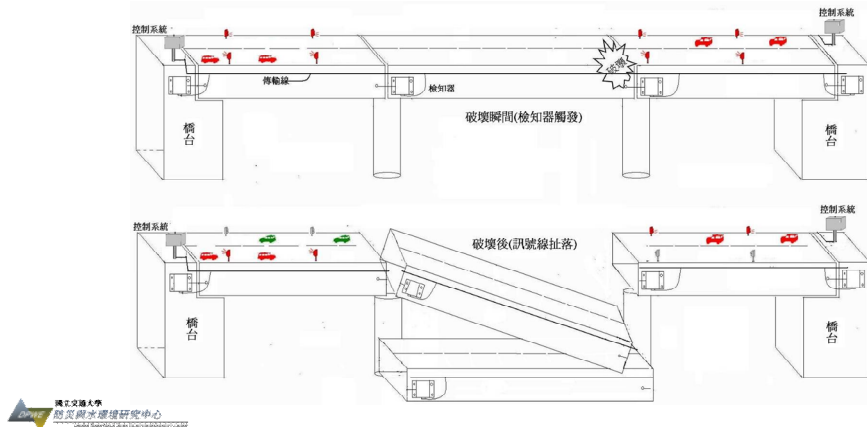




## 橋梁警示系統架構-檢知器系統-警示子系统3

### ■ 警示設備啟動模式

斷橋事件發生時，檢知器觸發的第一時間只先點亮左右兩側入橋處的第一個**警示單元**，後方的警示單元再依序往前追溯點亮，當**訊號線路因斷橋扯斷**時，斷橋處後方的**警示單元**會因追溯不到前面的警示單元而熄滅。



## 橋梁警示系統架構-檢知器系統-警示子系统4



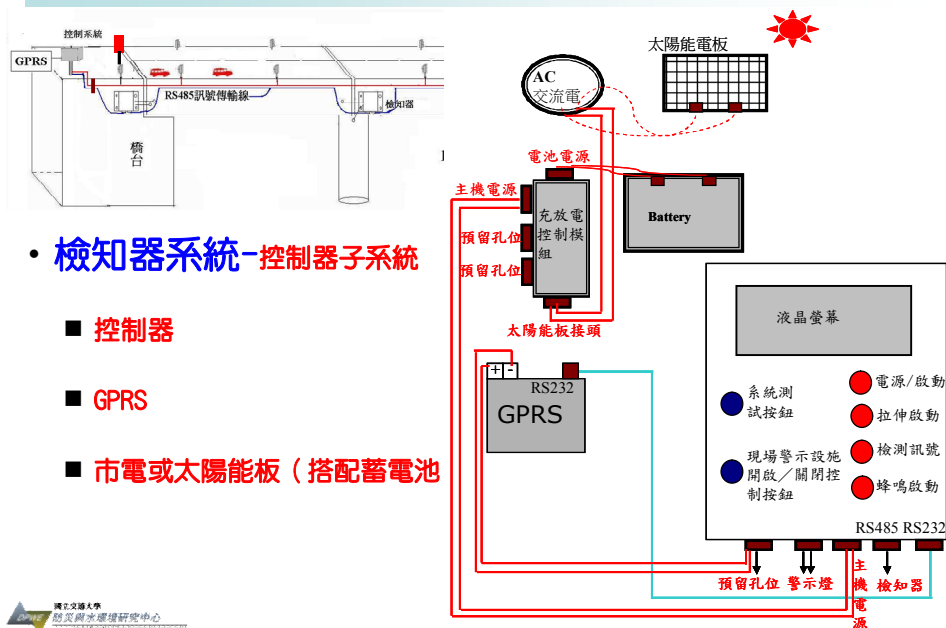
警示閃燈型式建議：

1. 依道路交通標誌標線號誌設置規則規定。
2. 架構符合警示系統之需求（如有外露之電源線）。
3. 配合管理機關需求，考量安裝地點、施工便利、行車安全、景觀影響等項目。

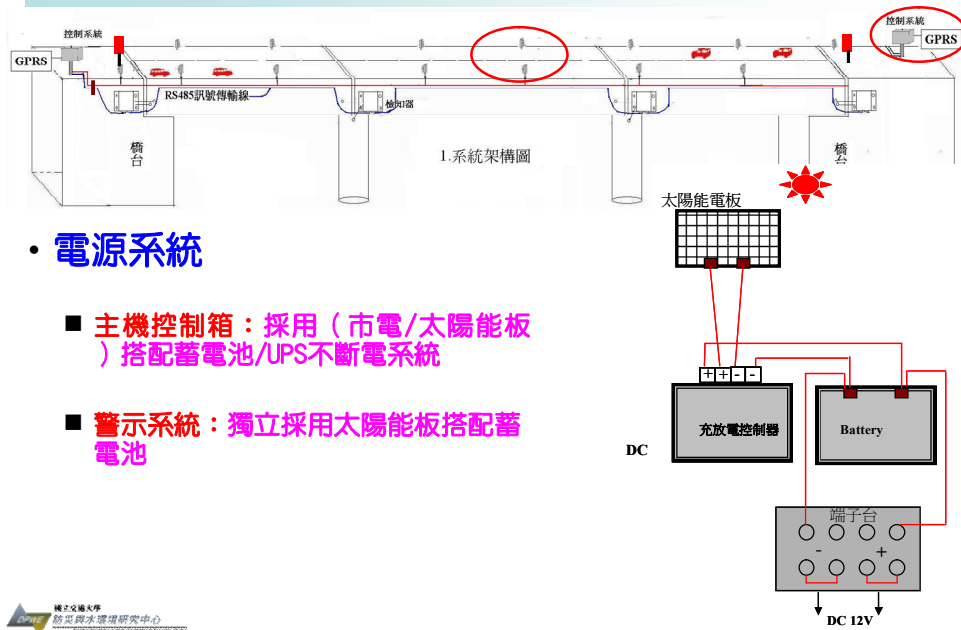
——→ 由管理單位自行決定



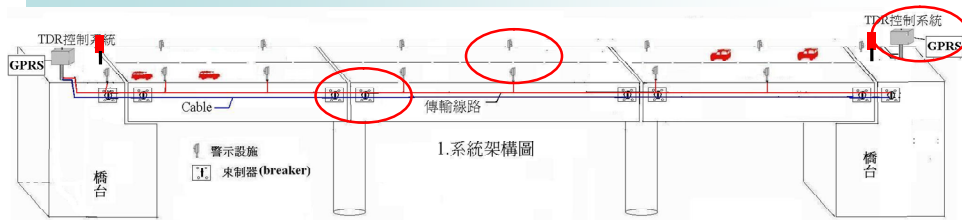
## 橋梁警示系統架構-檢知器系統-控制器子系統



## 橋梁警示系統架構-其他-電源系統



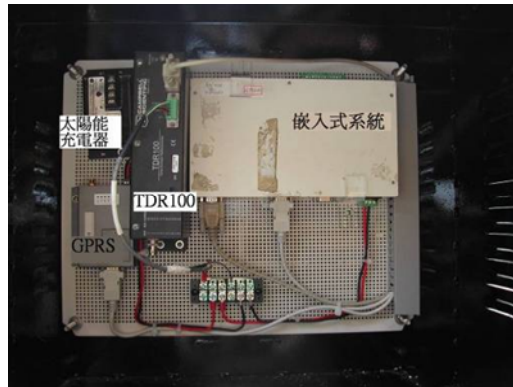
## 橋梁警示系統架構-TDR系統



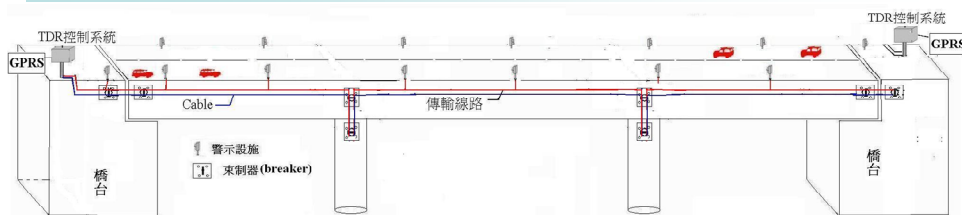
### • TDR整體系統

- 感應線路子系統 (cable)
- 警示子系統 (同檢知器系統)
- 控制器子系統

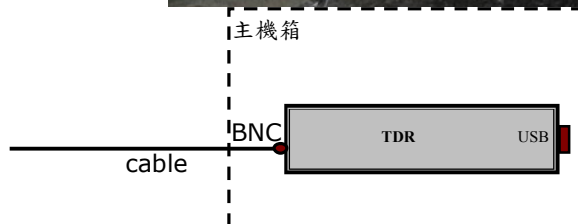
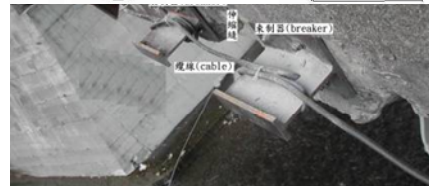
國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
Research Center for Traffic and Water Environment



## 橋梁警示系統架構-TDR系統-感應線路子系統

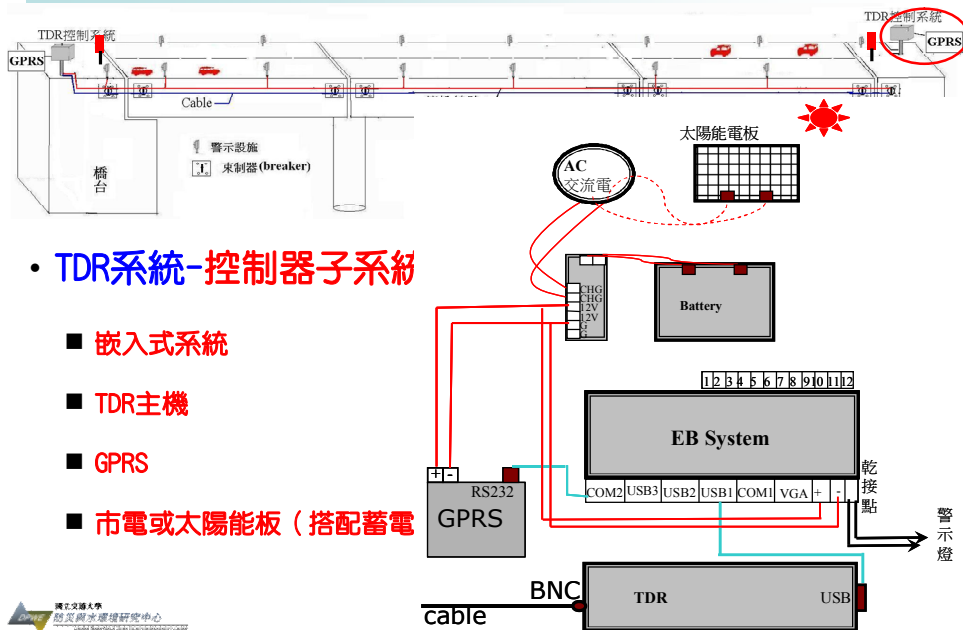


- 纜線 (cable) 搭配束制器全橋佈設
- 束制器設置於伸縮縫二側或橋面板與橋墩等交接處



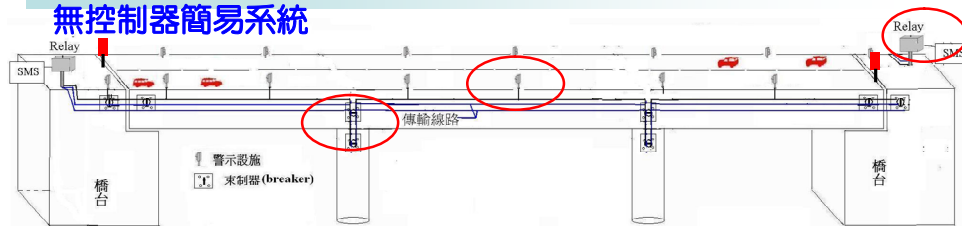
國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
Research Center for Traffic and Water Environment

## 橋梁警示系統架構-TDR系統-控制器子系統



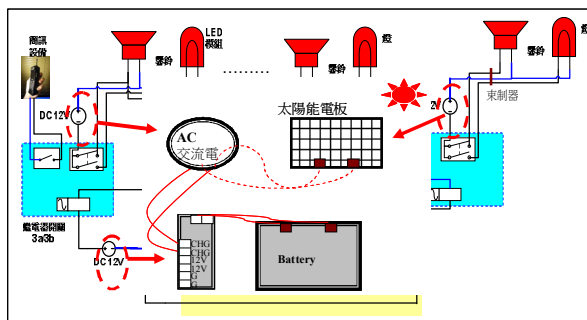
## 橋梁警示系統架構-簡易迴路式

### 無控制器簡易系統

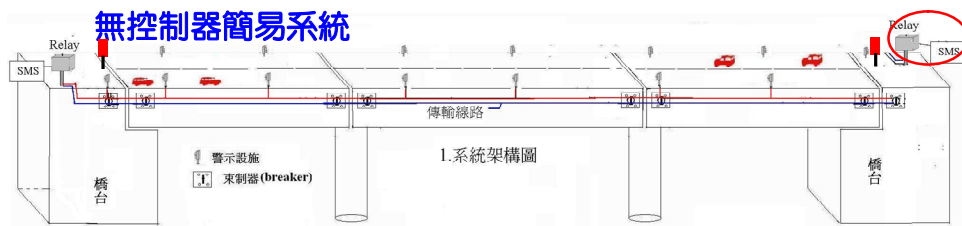


### 簡易迴路式整體系統

- 感應線路子系統 (纜線)
- 警示子系統
- 簡訊傳輸系統



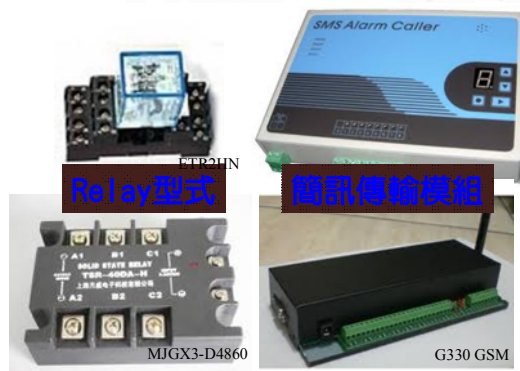
## 橋梁警示系統架構-簡易迴路式-簡訊傳輸系統



### 簡易迴路式系統-簡訊傳輸系統

#### 簡訊傳輸系統 (SMS)

#### 市電或太陽能板 (搭配蓄電池)



## 警示系統現地試驗-試驗目的

- 99年已於谷關-篤銘橋進行檢知器及TDR全系統及實際斷橋的系統測試驗證。
- TDR警示系統未來雖有其發展性，但主機目前仍昂貴，且技術門檻較高。
- 本年度重點為提供公路管理機關實務上使用，將研發之系統推廣至公路管理機關，故此現地安裝試驗方面，主要係以後續較易推廣之檢知器及簡易迴路式為主。
- 試驗目的主要係測試警示系統整體長期之穩定性、耐候性及可靠度等項目。





## 警示系統現地試驗-場址選擇要點

- 依專家學者座談會意見選擇近海橋梁。
- 依主管單位需求，選擇橋梁狀況指標 (Condition Index, CI) 以及 優先指標 (Priority Index, PI) 小於100。



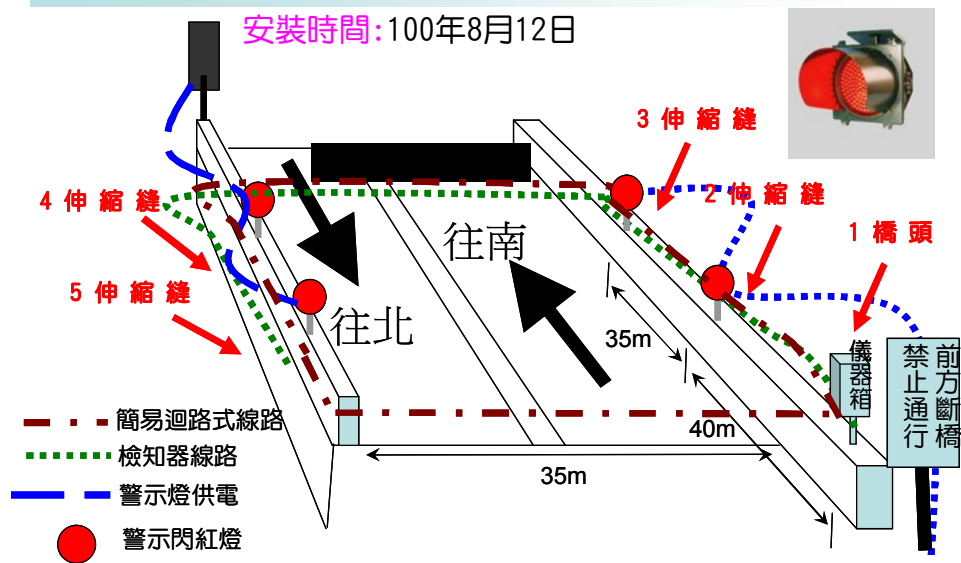
## 警示系統現地試驗-安裝場址

CI	PI	新CI	新PI	規範PI	沖刷指標	橋梁名稱	養護工程處	養護工務
97	96	93	93	98	99	透宵梅南橋	公路總局第	苗栗工務段

- 梅南橋 (苗栗台1線)
- 長105m，3跨
- 共六車道，且有機車道及行人道
- 二側橋體皆可安裝



## 警示系統現地試驗-儀器安裝規劃



國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Road and Water Environment Research Center

## 警示系統現地試驗-儀器安裝項目

安裝系統		簡易迴路式	項目名稱	備註	檢知器	項目名稱	備註
1. 簡易迴路式	1	電(纜)線			1	斷橋檢知器含RS485傳輸線	
	2. 檢知器系統	2	纜線束制器	固定並束制纜線	2	斷橋偵測控制模組	含太陽能板及太陽能充放電控制器, 電池
3		繼電器開關	控制警示閃燈	3	GPRS傳輸模組	支援900/1800/1900三頻	
4		耐候型儀器箱	本體熱浸鍍鋅防銹處理	4	耐候型儀器箱	本體熱浸鍍鋅防銹處理	
5		電源供應器	含太陽能板及太陽能充放電控制器, 電池	5	太陽能LED警告標誌		
6		警示閃燈及蜂鳴器		6	警示閃燈及蜂鳴器		
7		束制器	固定並束制電源線				

國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Road and Water Environment Research Center



## 警示系統現地試驗－檢知器安裝流程



1. 架設支撐立柱



2. 安裝儀器箱



3. 安裝LED閃燈及太陽能板



4. 安裝警示燈



5. 安裝蜂鳴器



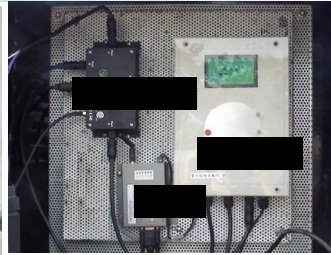
6. 固定RS485傳輸線及警示燈電源線（以PVC管保護）

國立交通大學  
智慧交通環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Research Center for Smart Transportation Environment

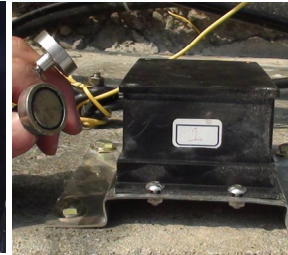
## 警示系統現地安裝－檢知器測試



7. 鎖固檢知器



8. 安裝控制器



9. 檢知器系統測試



10. 警示設備測試



11. 警示設備測試

國立交通大學  
智慧交通環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Research Center for Smart Transportation Environment

## 警示系統現地試驗－簡易迴路式安裝流程



1. 架設支撐立柱



2. 安裝儀器箱



3. 安裝LED閃燈及太陽能板



4. 安裝警示燈



5. 安裝蜂鳴器



6. 固定迴路傳輸線及警示燈電源線（以PVC管保護）



## 警示系統現地安裝－簡易迴路式測試



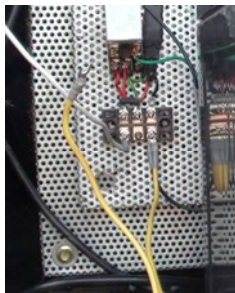
7. 於伸縮縫束制迴路纜線



8. 於伸縮縫束制警示燈電源線



9. 安裝relay



10. 迴路系統測試



11. 警示設備測試



12. 警示設備測試



## 警示系統現地安裝影片



## 警示系統現地試驗-儀器耗電估算

項目		現場配置之供電系統	系統耗電	現場備載時數
簡易迴路式系統		太陽能130W，電池100Ah	N:0.2 mA A:5 mA	共約142.86 (小時)
鋼索檢知器（1個）		太陽能130W，電池100Ah	4mA	
控制器單元（含GPRS）			500mA	
警 示 單 元	LED牌面（1個）	太陽能板22W，電池36Ah	D:625mA N:62.5mA	日間模式約14.01 (小時) 夜間模式約20.49 (小時)
	警 示 閃 燈（1個）		D:52mA N:5.2mA	
	蜂 鳴 器（1個）		1250mA	

註1：電池容量 (Ah) / 電流 (每小時) = 備載時數

註2：備載時數為太陽能及市電等皆無法供電時，其系統所能運作之時間





# 檢知器警示系統

## 現地安裝SOP

現地裝設流程主要分四部份

**前置作業：**現勘、儀器項目及數目決定等

**現場安裝：**安置各項系統設施

**現地測試：**檢測各項功能是否正常運作

**儀器保護：**避免系統遭竊

**完工**

國立交通大學  
智慧能源永續環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Center for Sustainable Energy and Environment



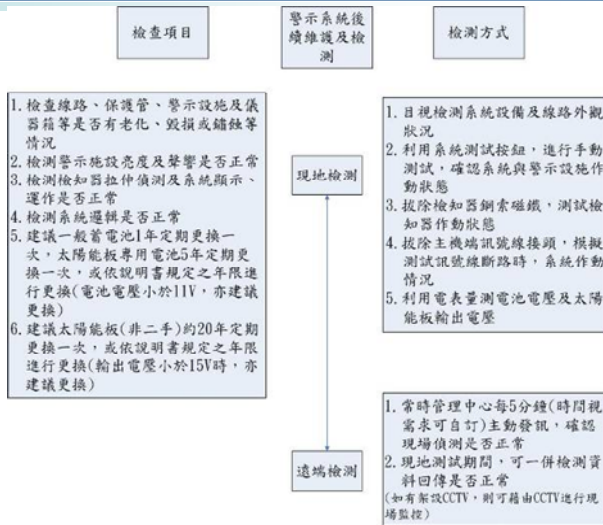
# 檢知器警示系統

## 後續維護SOP

維護流程主要分二部份

**現地檢測：**定期及非定期檢測各項功能是否正常運作

**遠端檢測：**透過系統回傳資料（或CCTV），檢測系統是否異常



國立交通大學  
智慧能源永續環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Center for Sustainable Energy and Environment

# 簡易迴路警示系統

## 現地安裝SOP

### 現地裝設流程主要分四部份

**前置作業：**現勘、儀器項目及數目決定等

**現場安裝：**安置各項系統設施

**現地測試：**檢測各項功能是否正常運作

**儀器保護：**避免系統遭竊

**完工**

國立交通大學  
路況安全環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Traffic Safety Research Center



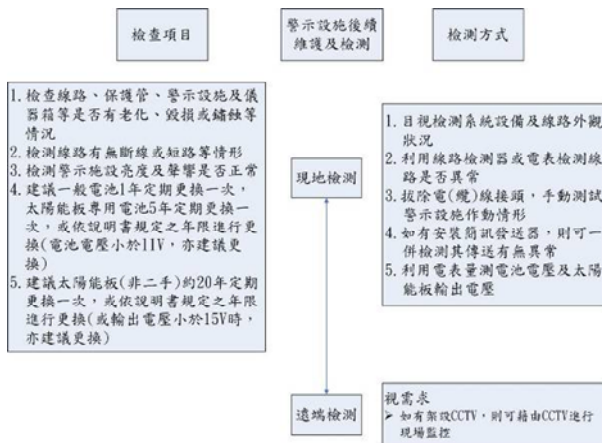
# 簡易迴路警示系統

## 後續維護SOP

### 維護流程主要分二部份

**現地檢測：**定期及非定期檢測各項功能是否正常運作

**遠端檢測：**透過系統回傳資料（或CCTV），檢測系統是否異常



國立交通大學  
路況安全環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Traffic Safety Research Center

## 教育推廣

- 民國100年11月9日，地點於交通大學電資中心第一會議室
- 報名人數共62人，實際參與人數51人

課程內容：

1. 第二代斷橋警示系統研發及架構
2. 現地安裝案例及相關流程介紹
3. 現地安裝橋梁參訪



國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Road and Water Environment Research Center

## 結論

- 1、本計畫斷橋警示系統定位為最終防線，意即在斷橋同時啟動警示，避免用路人誤入；而考量管理單位需求，於改良後之**檢知器系統中提供預警**之概念，但系統仍**非「預警」**系統，其可輔助「預警」系統，提供最後一道保障。
- 2、本計畫基於99年研究成果，將所提出之**簡易迴路式、檢知器系統與時域反射系統**作進一步**精進與改良**，並維持**簡單、可靠、設置及維護成本低、易於組裝，校正及維護等**需求，其改良之成果、需求與應用方向分述如下：

### (1) 簡易迴路式：

藉由**增設一組檢測迴路以提升可靠度**，並**維持無控制器設計**，但額外**配合簡訊發送器通知管理單位**，並採用**傳統之繼電器降低安裝複雜度**。**建議應用於規模小、重要性較低或預算不足等便道、小橋。**



國立交通大學  
路況與水環境研究中心  
National Tsing Hua University  
Road and Water Environment Research Center

## 結論

### (2) 檢知器系統：

採用RS485傳輸方式改善檢知定位達到簡易安裝且具有隨插即用之功能，另增設二組檢知鋼索數目增加使用之彈性及多向性，並提供管理單位斷橋前橋樑異常之預警，及進行檢知器模組、密封化等項目，以提升系統之可靠度，同時維持易於組裝、維護之需求。而因系統具備自我偵錯之功能，能即時了解橋梁現況有無異常，藉由搭配網頁，將系統資料上傳，同步掌握橋樑之情況，使災害後可透過網頁迅速了解橋梁或道路受損情況，做為後續應變計畫、救援、救災路線擬定之依據。建議可應用於重要性較高之橋梁。

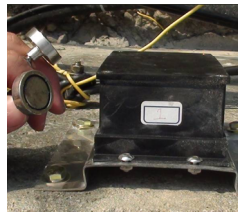


### (3) TDR系統：

透過不同主機之型式如USB TDR等，解決因TDR主機規格限制，造成落橋時延遲反應之問題，但因目前TDR斷橋監測系統其電路規格較高，建議做為未來以TDR為核心之整合性橋樑監測系統。

## 結論

- 3、考量後續能提供公路管理機關實務上使用，故於苗栗梅南橋進行現地長期穩定性測試，評估檢知器與簡易迴路式系統現地應用狀況；測試結果顯示檢知器警示系統於檢知器鋼索拔除時，便即時啟動警示系統，且同步將資料回傳至遠端管理中心，使管理者可隨時掌握橋梁狀態，而改良後之檢知器系統，大幅減少繁雜之線路搭接程序；簡易迴路式系統亦能於迴路拔除後，即時啟動警示設施，並因採用傳統之繼電器而降低安裝複雜度。



- 4、本計畫基於研發成果，並考量後續推廣與實務上之使用，建議以檢知器與簡易迴路式系統為主軸，因此提出二套斷橋系統對應之系統組裝、維護及操作手冊，建議未來進一步配合管理人員實際應用，以做為後續修訂參考。



## 建議

1. 建議後續能藉由公路總局等相關實務單位協助，**持續進行更多現地橋樑安裝測試**，以了解不同橋梁型式實際應用之情形，並透過實測提升用路人對此技術之了解與信賴。
2. 後續橋梁斷橋警示系統安裝之選擇，可參考交通部「**橋樑重要程度等級之建立**」報告中的重要性評估表進行分級，以評定該座橋梁之重要性，以此重要性評分之結果做為選擇警示系統型式之依據。
3. 本研究所研發之檢知器系統，因**設置兩道不同拉伸長度之檢知**，除提供斷橋監測外，亦可**避免斷橋之誤報**；同時未來可依管理單位之需求，**藉由一道較短、較保守的檢知拉伸設置**，提供管理單位斷橋前橋樑異常之預警。
4. 未來警示設備安裝時，可依**管理單位之特殊需求**，將警示系統安裝於**中央分隔帶或使用門架式裝設警示設備**，並依其需求採用**明顯易懂且具警示效果之標示**，必要時可額外搭配**柵欄封橋設備**進行管控。後續警示系統實際應用、裝置時，建議能**加強宣傳、推廣**，以**降低民眾恐慌**，提升用路人對此系統之信任與了解。



## 建議

5. 建議後續可將檢知器與TDR搭配建立一綜合型之監測系統，搭配水位、傾斜、雨量及柵欄封橋等擴充功能，形成整合性之防災監測系統，**加以應用於土石流、落石滑落監測，以及邊坡穩定監測等方面**，以便於災害發生時，同步獲得各項監測資料。



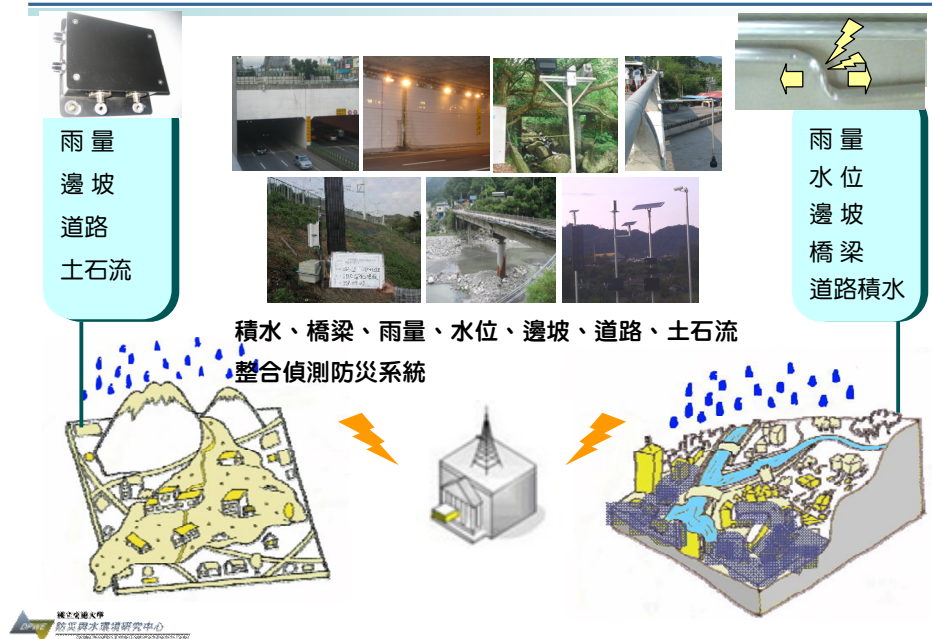
台 9 線 165.8K 明隧道崩塌



台 16 線 路基掏空



# 整合型防災偵測系統



報告完畢！ 敬請指教！！