

100-

MOTC-IOT-100-H1DB007a

# 橋梁殘餘壽齡與保全評估決策 模式之研發(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 1 月

100-

MOTC-IOT-100-H1DB007a

# 橋梁殘餘壽齡與保全評估決策 模式之研發(1/4)

著者：邱永芳、謝明志、林雅雯、張道光、薛強  
葉啟章、張權、徐偉誌、陳正忠、翁健煌  
余振亞、童佩怡

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 1 月

橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發(1/4)

著者：邱永芳、謝明志、林雅雯、張道光、薛強、葉啓章、張權  
徐偉誌、陳正忠、翁健煌、余振亞、童佩怡

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.ihmt.gov.tw](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版>中心出版品)

電話：(04)26587176

出版年月：中華民國 101 年 1 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：全套 冊 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 F1・電話：(02) 25180207

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

GPN：1009500249 ISBN：986-00-4344-2 (全套: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份內容者，

須徵求交通部運輸研究所書面授權。

橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發  
(1/4)

交通部運輸研究所

## 交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發(1/4)			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號 100-H1DB007a
主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計劃主持人：張道光 研究人員：林雅雯 聯絡電話：04-26587197 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：財團法人中興工程顧問社 計劃主持人：薛 強 協同主持人：葉啟章、張 權 研究人員：徐偉誌、陳正忠、翁健煌、余振亞、童佩怡 地址：臺北市南京東路5段171號 聯絡電話：(02)27692131 ext. 20958 傳真號碼：(02)37655221	研究期間 自 100 年 02 月 至 100 年 12 月	
關鍵詞：橋梁檢測、風險評估、維護管理、決策模式			
摘要：  國內橋梁常受地震與颱風威脅，又有超載與老劣化問題，耐久性與安全性日益堪慮，保全橋梁殘餘壽齡迫在眉睫，安全檢測工作非常重要。然國內於規定層面、客觀性、資源充足性、工作落實、資料正確性以及與評估補強工作之結合性等方面均有待強化。本研究藉由資料蒐集與彙整分析、訪談分析、現地檢測作業問題與變異性分析、專家座談與意見回饋等方式，探討國內目前橋梁檢測作業規定及執行面之困難與問題，提出借鏡國外經驗、國內橋梁檢測有效施行以及橋梁檢測評估與國內相關規範、資訊系統有效結合施行之具體建議，最後規劃橋梁風險評估之方向與議題，其中，特別於技術面提出依據橋檢結果評估檢測項目影響橋梁功能之風險指標與橋況之方法，並可據此排出橋梁維護管理優先順序。本研究成果可以改善橋梁檢測作業，讓管理單位確實掌握橋梁狀況以便進行維護，達到延壽目的。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
101 年 1 月			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"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密【限】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**

<b>TITLE: Research &amp; development on decision making for residual life and safety preservation of bridges (1/4)</b>			
ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER 100-H1DB007a
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tao-Kuang Chang PROJECT STAFF: Ya-Wen Lin PHONE: 04-26587197 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM Feb. 2011 TO Dec. 2011
RESEARCH AGENCY: Sinotech Engineering Consultants, Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Qiang Xue Co-PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chi-Jang Yeh, Chyuan Jhang PROJECT STAFF: Wei-Chih Hsu, Cheng-Chung Chen, Jian-Huang Weng, Chen-Ya Yu, Pei-yi Tung ADDRESS: 171 Nanking E. RD. SEC. 5, Taipei, Taiwan (Republic of China) PHONE: 886-2-27692131 ext. 20958 FAX: 886-2-37655221			
<b>KEY WORDS: Bridge inspection, Risk Assessment, Maintenance Management, Decision Making Model</b>			
<b>ABSTRACT:</b>  <p>Bridges in Taiwan are frequently threatened by earthquakes and typhoon. In addition, with overload problem and deterioration of old bridges, durability and safety issues become the main concern. Preservation of residual life and safety is imminent. Bridge inspection is very important. However, the provisions are not objective enough and are applicable with limited scope. Resource adequacy, work implementation, data accuracy and integration with other works such as evaluation and rehabilitation need to be strengthened. This study is carried out through data collection and analysis, interview analysis, in-situ inspection and variability analysis, expert discussion and feedback, etc., to discover difficulties and problems encountered currently in Taiwan. Recommendations on the effective implementation of bridge inspection and effective integration with relevant codes and information systems are made by learning from foreign experiences. Finally, research direction and subjects of risk assessment of bridges are also proposed. In particular, a novel methodology is proposed to evaluate the risk index of each inspection item and the condition index of the bridge based on the bridge inspection results. The proposed indices can be used as the basis for decision making on the maintenance priority of bridge elements. This research results will improve national bridge inspection level so that the bridge management organization could master the bridge condition exactly for maintenance and life extension purposes.</p>			
DATE OF PUBLICATION January, 2012	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發(1/4)

## 目 錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
目 錄 .....	III
圖目錄 .....	XII
表目錄 .....	XIII
第一章 計畫背景分析 .....	1-1
1.1 研究緣起.....	1-1
1.2 研究目的.....	1-2
1.3 研究範圍與對象.....	1-3
1.4 研究內容與工作項目 .....	1-3
1.5 研究方法及進行步驟.....	1-4
第二章 文獻蒐集與回顧 .....	2-1
2.1 橋梁檢測相關規範或手冊 .....	2-1
2.1.1 國外資料.....	2-1
2.1.1.1 美國.....	2-2
2.1.1.2 日本.....	2-20
2.1.2 國內資料.....	2-34
2.1.2.1 公路橋梁 .....	2-34

2.1.2.2	鐵路橋梁 .....	2-35
2.1.2.3	D.E.R.&U.評估法及 A.B.C.D.N.評估法 .....	2-36
2.1.2.4	橋梁維護管理作業評鑑.....	2-42
2.2	橋梁檢測相關研究報告 .....	2-44
2.2.1	國外資料.....	2-44
2.2.2	國內資料.....	2-46
2.2.2.1	橋梁檢測制度與評等方法相關研究 .....	2-46
2.2.2.2	橋梁評估指標與橋梁排序.....	2-51
2.2.2.3	橋梁性能初步評估 .....	2-69
2.2.2.4	非破壞性檢測 .....	2-79
2.2.2.5	破壞性檢測 .....	2-79
2.2.2.6	橋梁性能詳細評估 .....	2-79
2.2.2.7	橋梁健康監測 .....	2-82
2.2.2.8	橋梁生命週期維護管理.....	2-83
2.3	橋梁檢測相關資訊系統 .....	2-85
2.3.1	國外資料.....	2-85
2.3.1.1	美國 .....	2-85
2.3.1.2	日本.....	2-86
2.3.2	國內資料.....	2-87
第三章	國外目前橋梁檢測作業探討分析 .....	3-1
3.1	國外目前橋梁檢測作業分析比較.....	3-1



3.1.1 檢測相關法規.....	3-2
3.1.2 檢測人員編制.....	3-2
3.1.3 人員資格限制.....	3-2
3.1.4 檢測等級.....	3-3
3.1.5 檢測方法.....	3-3
3.1.6 檢測頻率.....	3-3
3.1.7 評估方式.....	3-3
3.2 國內借鏡之建議.....	3-4
第四章 國內橋梁檢測作業規定探討分析.....	4-1
4.1 公路養護手冊.....	4-1
4.2 主要橋梁管理單位橋檢作業規定比較.....	4-6
第五章 國內目前橋梁檢測執行情形之探討分析.....	5-1
5.1 評估方式.....	5-1
5.2 檢測項目.....	5-3
5.3 檢測表格.....	5-3
5.4 檢測等級.....	5-6
5.5 檢測時機.....	5-9
5.6 檢測人力.....	5-10
5.7 儀器設備.....	5-11
5.8 檢測經費.....	5-13
5.9 辦理方式.....	5-14

5.10 人員資格與培訓 .....	5-15
5.11 小結 .....	5-16
第六章 訪談分析目前橋梁檢測執行情形及問題點 .....	6-1
6.1 訪談對象與時程 .....	6-1
6.2 訪談紀錄彙整 .....	6-2
6.2.1 作業規定與流程 .....	6-3
6.2.2 評估方式 .....	6-4
6.2.3 檢測項目 .....	6-5
6.2.4 檢測表格 .....	6-7
6.2.5 檢測等級 .....	6-8
6.2.6 檢測時機 .....	6-9
6.2.7 檢測人力 .....	6-10
6.2.8 儀器設備 .....	6-12
6.2.9 檢測經費 .....	6-13
6.2.10 辦理方式 .....	6-15
6.2.11 檢測結果應用於維管決策 .....	6-18
第七章 現地檢測作業問題點與檢測結果變異性 .....	7-1
7.1 現地檢測作業問題點 .....	7-1
7.2 變異性探討方法 .....	7-4
7.2.1 變量定義 .....	7-4
7.2.2 變異性分析 .....	7-5

7.3 案例探討.....	7-6
7.3.1 現地檢測橋梁說明 .....	7-6
7.3.2 變異性分析結果 .....	7-6
第八章 專家座談會內容 .....	8-1
8.1 專家座談會委員名單 .....	8-1
8.2 作業規定與流程 .....	8-2
8.3 評估方式.....	8-2
8.4 檢測表格.....	8-4
8.5 檢測等級.....	8-5
8.6 檢測時機.....	8-6
8.7 檢測人力.....	8-7
8.8 檢測經費.....	8-8
8.9 辦理方式.....	8-8
8.10 檢測結果應用於維管決策 .....	8-10
第九章 橋梁檢測有效施行之具體建議 .....	9-1
9.1 作業規定與流程 .....	9-1
9.2 檢測等級.....	9-2
9.3 檢測時機.....	9-3
9.4 檢測表格.....	9-4
9.5 檢測項目 .....	9-4
9.6 檢測人力.....	9-5

9.7 儀器設備.....	9-5
9.8 檢測經費.....	9-6
9.9 辦理方式.....	9-7
9.10 評估方式.....	9-8
9.10.1 構件損傷程度(D)與損傷範圍(E)之評估 .....	9-8
9.10.2 強化 D.E.R.&U. 檢測結果之應用 .....	9-14
第十章 橋梁檢測評估與國內相關規範及資訊系統有效結合施行建議 .....	10-1
10.1 橋檢與性能評估等後續工作結合.....	10-1
10.2 橋檢與資訊系統之整合 .....	10-3
第十一章 橋梁風險評估之規劃建議.....	11-1
11.1 風險相關概念.....	11-1
11.2 風險管理架構.....	11-2
11.3 橋梁風險評估與管理之規劃建議.....	11-3
11.3.1 範疇界定.....	11-3
11.3.2 前置作業.....	11-3
11.3.3 風險辨識.....	11-4
11.3.4 風險分析.....	11-4
11.3.5 風險評估.....	11-5
11.3.6 風險控制.....	11-5
11.3.7 規劃建議.....	11-6

11.4 預期成果與效益 .....	11-8
11.4.1 計畫全程預期成果 .....	11-8
11.4.2 效益與應用 .....	11-8
第十二章 結論與建議 .....	12-1
12.1 國外橋檢作法借鏡之結論 .....	12-1
12.2 國內橋檢主要問題點之結論 .....	12-2
12.3 橋梁檢測有效施行之具體建議 .....	12-4
12.4 橋梁檢測與後續評估工作等結合實施之建議 .....	12-9
12.5 橋梁風險評估之規畫建議 .....	12-9
參考文獻 .....	參-1
附錄一 橋梁維護管理作業評鑑方式 .....	附錄 1-1
附錄二 訪談記錄表 .....	附錄 2-1
附錄三 專家座談會內容 .....	附錄 3-1
附錄四 期中及期末審查意見及回覆表 .....	附錄 4-1
附錄五 期末報告簡報資料 .....	附錄 5-1



## 圖目錄

圖 1.1 研究步驟流程圖 .....	1-5
圖 2.1 美國橋梁檢測頻率 .....	2-4
圖 2.2 AASHTO-NBE 橋梁構件 .....	2-13
圖 2.3 美國能力評等 SR .....	2-17
圖 2.4 美國 NBIS 橋梁檢測與 SR 評等流程 .....	2-18
圖 2.5 美國 LRFR 評量流程 .....	2-19
圖 2.6 日本橋梁檢測作業的流程 .....	2-26
圖 2.7 日本橋梁不同檢測等級對應之檢測方法 .....	2-27
圖 2.8 CSI 指標建立流程圖 .....	2-61
圖 2.9 橋梁重要性等級評定架構 .....	2-62
圖 2.10 橋梁綜合評估與優選排序指標評估架構圖 .....	2-67
圖 2.11 梁承載能力分析評估流程圖 .....	2-81
圖 2.12 耐震能力詳細評估流程 .....	2-81
圖 2.13 近海橋梁結構使用年限趨勢曲線圖 .....	2-84
圖 2.14 橋梁基本資料表(管理、河川、幾何資料).....	2-89
圖 2.15 橋梁基本資料表(結構、特殊結構、設計資料與備註).....	2-89
圖 2.16 橋梁定檢主表 .....	2-90
圖 2.17 定期檢測篩選列表 .....	2-91
圖 2.18 橋梁維修契約主表 .....	2-91
圖 2.19 橋齡統計範例 .....	2-92
圖 2.20 構件劣化判斷介面 .....	2-95

圖 4.1 臺灣地區主要橋梁管理機關所轄橋數統計 .....	4-1
圖 9.1 橋梁檢測項目發生損傷之比例.....	9-10
圖 10.1 橋檢與性能評估等後續工作結合實施示意圖 .....	10-3
圖 11.1 風險管理架構.....	11-3



## 表目錄

表 2-1 各國檢測規範或手冊.....	2-1
表 2-2 美國梁檢測等級.....	2-3
表 2-3 美國橋梁檢測培訓課程.....	2-5
表 2-4 美國各年代與橋梁檢測相關準則.....	2-8
表 2-5 美國橋梁基本資料與評量(SI&A)表.....	2-10
表 2-6 美國 SI&A 評量表之項目與內容.....	2-11
表 2-7 美國 FHWA 構件評估準則.....	2-12
表 2-8 美國 FHWA 結構部位現況評估準則.....	2-14
表 2-9 美國 FHWA 服務水準評估準則.....	2-15
表 2-10 結構缺陷與功能喪失評定標準.....	2-15
表 2-11 橋梁能力評等中各項指標準則.....	2-17
表 2-12 LRFR 之現況係數.....	2-20
表 2-13 日本道路公團橋梁檢測等級.....	2-21
表 2-14 日本橋梁檢測頻率.....	2-22
表 2-15 日本各橋梁檢測等級所需檢測的構件.....	2-23
表 2-16 日本橋梁檢測作業班的編成人員.....	2-24
表 2-17 日本道路公團橋梁評估準則.....	2-25
表 2-18 日本橋梁定期檢測、臨時檢測報告書.....	2-28
表 2-19 日本橋梁定期檢測報告書(1).....	2-29
表 2-20 日本橋梁定期檢測報告書(2).....	2-29
表 2-21 日本橋梁定期檢測報告書(3).....	2-30

表 2-22 日本橋梁定期檢測報告書(4).....	2-30
表 2-23 日本橋梁定期檢測報告書(5).....	2-31
表 2-24 日本橋梁定期檢測報告書(6).....	2-31
表 2-25 日本橋梁定期檢測報告書(7).....	2-32
表 2-26 日本橋梁定期檢測報告書(8).....	2-32
表 2-27 日本橋梁定期檢測報告書(9).....	2-33
表 2-28 日本橋梁定期檢測報告書(10).....	2-33
表 2-29 日本橋梁定期檢測報告書(11).....	2-34
表 2-30 公路橋梁檢測規範與手冊 .....	2-35
表 2-31 D.E.R.&U.評估準則 .....	2-37
表 2-32 D.E.R.&U.評估法檢測項目(一般橋梁) .....	2-37
表 2-33 D.E.R.&U.評估法檢測項目(斜張橋).....	2-38
表 2-34 D.E.R.&U.評估法檢測項目(拱橋).....	2-38
表 2-35 D.E.R.&U.評估法檢測項目( $\pi$ 型橋).....	2-39
表 2-36 A.B.C.D.N.評估法檢測項目 .....	2-39
表 2-37 A.B.C.D.N.評估準則 .....	2-40
表 2-38 A.B.C.D.N.評等法結構物劣化之評等標準表 .....	2-40
表 2-39 橋檢作業現況問卷調查結果 .....	2-47
表 2-40 人員培訓問卷調查結果 .....	2-48
表 2-41 橋梁檢測人員簽證問卷調查結果.....	2-49
表 2-42 CI 與 PI 指標之橋梁 21 構件權重表 .....	2-52
表 2-43 橋梁構件重要性指數 .....	2-55
表 2-44 一般梁式橋各指標計算之項目[公路].....	2-57

表 2-45 橋梁危險性指標(CSI)分級基準 .....	2-61
表 2-46 橋梁重要程度等級評定表(不含國防用途) .....	2-63
表 2-47 橋梁重要程度等級評定表(含國防用途) .....	2-64
表 2-48 橋梁地震易損性評估內容 .....	2-65
表 2-49 橋梁沖刷易損性評估表 .....	2-65
表 2-50 橋梁土石流易損性評估表 .....	2-66
表 2-51 橋梁重要等級及重要程度評分 .....	2-66
表 2-52 評估因子採用原則 .....	2-68
表 2-53 老舊橋梁維修優選排序綜合評估表 .....	2-70
表 2-54 易損性評估表(超載、地震、腐蝕) .....	2-71
表 2-55 易損性評估表(沖刷、土石流) .....	2-72
表 2-56 公路橋梁承載能力初步評估表 .....	2-73
表 2-57 公路橋梁耐洪能力初步評估表 .....	2-73
表 2-58 公路橋梁沖刷潛能初步評估表 .....	2-74
表 2-59 公路橋梁耐震能力初步評估表—落橋評估 .....	2-74
表 2-60 公路橋梁耐震能力初步評估表—混凝土橋柱強度韌性評估 .....	2-75
表 2-61 公路橋梁耐震能力初步評估表—鋼橋柱強度韌性評估 .....	2-75
表 2-62 公路橋梁耐震評估檢查表—落橋評估(一般橋梁) .....	2-76
表 2-63 公路橋梁耐震評估檢查表—強度韌性評估(一般橋梁) .....	2-77
表 2-64 安全度評定標準及處理對策 .....	2-78
表 3-1 美日兩國橋梁檢測制度比較表 .....	3-1
表 4-1 公路養護手冊橋梁檢測相關規定 .....	4-2

表 4-2 橋梁基本資料表(公路養護手冊表 A6) .....	4-4
表 4-3 橋梁定期檢測資料表(公路養護手冊表 A7) .....	4-5
表 4-4 橋梁特別檢測評估表(公路養護手冊表 A8) .....	4-6
表 4-5 高公局、公路總局與鐵路局橋梁檢測作業規定比較表 .....	4-7
表 5-1 橋梁定期檢測資料表 .....	5-4
表 5-2 鐵路橋梁目視檢查表 .....	5-5
表 5-3 颱風豪雨後特殊檢測標準及內容 .....	5-6
表 5-4 地震後特殊檢檢測標準及內容 .....	5-7
表 5-5 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範特別檢測相關規定 .....	5-7
表 5-6 一般橋梁檢測作業內容與方法 .....	5-14
表 6-1 受訪人員名單 .....	6-1
表 7-1 仙人橋 D 值檢測期望值與變異數 .....	7-8
表 7-2 仙人橋 E 值檢測期望值與變異數 .....	7-9
表 7-3 仙人橋 R 值檢測期望值與變異數 .....	7-10
表 7-4 仙人橋 $Ic_i$ 值(依計算 CI 方式)檢測期望值與變異數 .....	7-12
表 7-5 仙人橋 $Ic_i$ 值(依計算 PI 方式)檢測期望值與變異數 .....	7-13
表 8-1 受邀之專家座談會邀請委員名單 .....	8-1
表 9-1 全臺至 98 年有損傷橋梁主要構件排序分析表 .....	9-11
表 9-2 全臺 100 年損傷程度 $D \geq 3$ 之橋梁主要構件排序分析表 .....	9-12
表 9-3 橋台損傷多段記錄參考表 .....	9-14
表 9-4 構件功能失效可能性矩陣 .....	9-16
表 9-5 本研究現地檢測橋梁 CI 與 $CI^*$ 比較表 .....	9-20
表 9-6 本研究現地檢測橋梁新 CI 與新 $CI^*$ 比較表 .....	9-21

表 9-7 本研究現地檢測橋梁 PI 與 PI*比較表.....	9-22
表 9-8 本研究現地檢測橋梁新 PI 與新 PI*比較表.....	9-24
表 9-9 本研究現地檢測橋梁新 PI 與 PI* <sub>建議</sub> 比較表.....	9-25
表 9-10 表 9-5~表 9-9 關鍵性構件項目排序比較表 .....	9-26



# 第一章 計畫背景分析

## 1.1 研究緣起

臺灣多山多谷的地理特性，使得陸上交通必須利用橋梁作連結，橋梁數量龐大。臺灣位處環太平洋地震帶，地震頻繁造成許多橋梁不同程度的損壞，早期老舊橋的耐震能力更有不足之慮；每年颱風、豪雨及近年來河床嚴重下降、氣候變遷等因素，使得河水暴漲且水勢洶湧，劇烈淘刷橋墩及橋台之基礎處河床，特別對原本已裸露之橋基，災情更形惡化，橋梁易受沖刷而導致損壞；海島型的氣候也容易造成橋梁材料腐蝕劣化，特別是老舊橋梁問題明顯；在人為使用方面，亦有車輛超載問題。因此，橋梁耐久性與安全性日益受到質疑與堪慮，保全橋梁殘餘壽齡以達到工程永續迫在眉睫。

要保全甚至延長橋梁壽齡，維持橋梁安全可靠的運輸狀況，除了規劃設計與施工恰當妥善以外，維修養護非常重要，這有賴於完整適當的橋梁檢測制度與系統之建立，安全檢測工作的實施，以及檢測後所做的性能評估、修繕、補強與維護管理，涉及檢測標準規範與方法、檢測人員之訓練、檢測工作之落實與到位、檢測資料可追蹤以及與評估補強等相關規範和資訊系統之結合實施。國外針對新舊結構物均有建立結構檢測方法及完善評估制度，使結構物達到安全、經濟、有效益之維護，增長使用壽齡之目的。國內亦針對橋梁安全維護建立檢測作業相關規範手冊、評估與補強對策與工法，然於相關規定之客觀性、資源與人力充足性、任務與工作的落實、資料的可溯性與正確性、修繕與補強之決策應用以及與評估補強工作之結合性等方面均有待強化。例如：依照公路養護手冊規定，橋梁檢測結果採用 D.E.R.&U.方式評定之，但因 D.E.R.&U.是以目視方式進行，檢測成果常常會因檢測人員之訓練程度、經驗與主觀意識而有不一致之現象，橋梁管理單位檢測的人力、機具、經費之配置是否恰當、檢測是否確實及彙整至橋梁管理系統之正確性，皆為公路橋梁管理單位了解橋梁狀況及排列維護

優先順序之關鍵，攸關橋梁及用路人之安全。因此，探討與分析國內橋梁檢測制度規定與執行情形之問題與困難，吸取國外制度與作法之優點，提出技術先進且能有效實施之本土化橋梁檢測實施辦法之建議，以及與國內相關規範、資訊系統有效結合實施之建議是本研究之主要任務。

公路系統為交通運輸與民生活動的重要管道，橋梁為陸上交通系統中極為重要的部分，橋梁損壞不但可能阻斷交通，若因災害發生造成破壞，將會對災後的聯絡、急難救助與物資運輸造成重大衝擊，而影響救災工作亦可能危及用路人之生命財產，而重大之橋梁損壞更將付出極大的社會成本，甚者損及國家經濟建設發展或造成區域交通癱瘓，橋梁安全管理非常重要。

檢測工作之實施有助於了解橋梁自身狀況，為後續評估橋梁的承載力、耐洪能力以及耐震能力提供資訊，是確保橋梁安全營運之重要環節。然而，自然界具有高度不確定性，颱風、地震的規模、強度、延時、頻率等特性不斷變化，常常超過歷史紀錄；即使設計與施工妥當之橋梁，法規並不保證其遭受特大的災害時完好無損，例如：耐震設計規範允許大地震下發生有限的或可接受的破壞；材料的耐久性以及使用上的變更也會影響到結構物的性能。所以，風險是存在的，即使是健康狀況良好的橋梁，仍有災損之風險。在現行檢測制度與執行面下，如何進行橋梁安全風險評估與管理亦受到關注，本研究亦將採用風險管理之概念，規劃橋梁風險管理研發議題。

## 1.2 研究目的

『橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發』主題是希望經由有效的橋梁維護管理決策來保全橋梁殘餘壽齡，所以，本計畫全程之目標是建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式，經由落實檢測工作，確實掌握橋梁狀況與易損性，了解可能的與關鍵的風險來源以及維護管理工作重點，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。有關橋



梁殘餘壽齡之評估，過去及現在均有相關研究，未來可考慮於適當時機結合實施。本年度研究工作目的是先進行國內、外橋梁檢測文獻蒐集，提出國外檢測值得國內借鏡之建議，探討分析國內目前橋梁檢測作業規定及其執行情形，提出檢測作業問題點及分析不同檢測人員結果之變異性，研提橋梁檢測有效施行之具體建議，召開「橋梁檢測評估」專家座談會，提出「橋梁檢測評估」與國內相關規範、資訊系統如何結合並有效施行之建議，另外在現行檢測制度、方式及項目下，提出橋梁安全風險評估之規劃建議。

後續研發工作將依據本年度所提建議，以風險管理之理論來建立橋梁檢測、性能評估與維管決策整合模式。希望本研究成果可以讓管理單位經由定期的檢測工作確實掌握橋梁狀況與各項性能，了解可能風險，加強維護管理，達到保全橋梁壽齡之目的。

### 1.3 研究範圍與對象

本研究主要聚焦於公路橋梁，特別針對目視檢測之作業規定、執行面以及與國內相關規範和資訊系統之結合實施方向進行探討。而破壞性檢測以及非破壞性檢測則於結合實施層面納入考量。

### 1.4 研究內容與工作項目

依招標文件要求，本計畫完成的工作項目包括：

1. 國內、外橋梁檢測文獻蒐集，針對國內、外目前橋梁檢測相關規範、手冊(如公路養護手冊等)及相關研究報告、檢測資訊系統(如橋梁管理系統等)做資料蒐集。
2. 國外目前橋梁檢測作業之探討分析，提出值得國內借鏡之建議。
3. 國內目前橋梁檢測作業規定之探討分析。(包括檢測等級、項目、表格、時機、人力、經費、辦理方式、儀器設備及評估方式等)。

4. 國內目前橋梁檢測作業執行情形之探討分析。(包括檢測等級、項目、表格、時機、人力、經費、辦理方式、儀器設備及評估方式等)。
5. 與公路總局、高公局及縣市政府橋梁管理單位及實際檢測人員進行訪談，分析目前橋梁檢測執行情形及問題點。
6. 現地一座橋梁實際檢測，提出檢測作業問題點及不同檢測人員檢測結果之變異性。
7. 提出橋梁檢測有效施行之具體建議。
8. 召開「橋梁檢測評估」專家座談會至少二場。
9. 提出「橋梁檢測評估」與國內相關規範、資訊系統如何結合並有效施行之建議。
10. 提出橋梁風險評估之規劃建議。

此外，為配合上述工作之執行，本計畫已依要求派駐研究助理 2 人，於 3 月 1 日起駐港研中心，協助完成被指派之工作任務，同時強化本團隊與港研中心之溝通與合作。

## 1.5 研究方法及進行步驟

本研究係藉由文獻資料蒐集與彙整分析、訪談分析、現地檢測作業問題與變異性分析、專家座談與意見回饋，以及與港研中心合作之方式，探討國內目前橋梁檢測作業規定及其執行情形所面臨之困難與問題，提出借鏡國外經驗、國內橋梁檢測有效施行以及「橋梁檢測評估」與國內相關規範、資訊系統有效結合施行之具體建議，最後規劃橋梁風險評估之方向與議題，並分期中、期末提送成果。

採用之步驟如圖 1.1 所示。期中以前，資料蒐集與彙整的部份以國內、外規範與手冊、研究報告以及國內檢測相關資訊系統為主；再據此詳細探討國外檢測作業之特色及值得借鏡之處、國內檢測作業規定

以及執行情形；同時，訪談交通部公路總局(以下簡稱公路總局)、交通部國道高速公路局(以下簡稱高公局)、縣市政府橋梁管理單位以及實際檢測人員，蒐集彙整並分析目前橋梁檢測執行面問題點以及期望；於第一次專家座談會中蒐集彙整產官學研界專家意見與建議，回饋研究內容；再提出期中報告成果。

期中報告審查通過後，除了納入審查意見修改報告內容以外，將現地實際檢測一座橋梁，提出檢測作業問題點並探討不同檢測人員檢測結果之變異性；最後，綜合以上分析結果，提出橋梁檢測有效實施、與相關規範及資訊系統結合實施、風險評估規劃等建議，最後，將第二次專家座談會意見與建議回饋研究內容後，再提出期末報告成果，審查通過與修訂核可後結案。

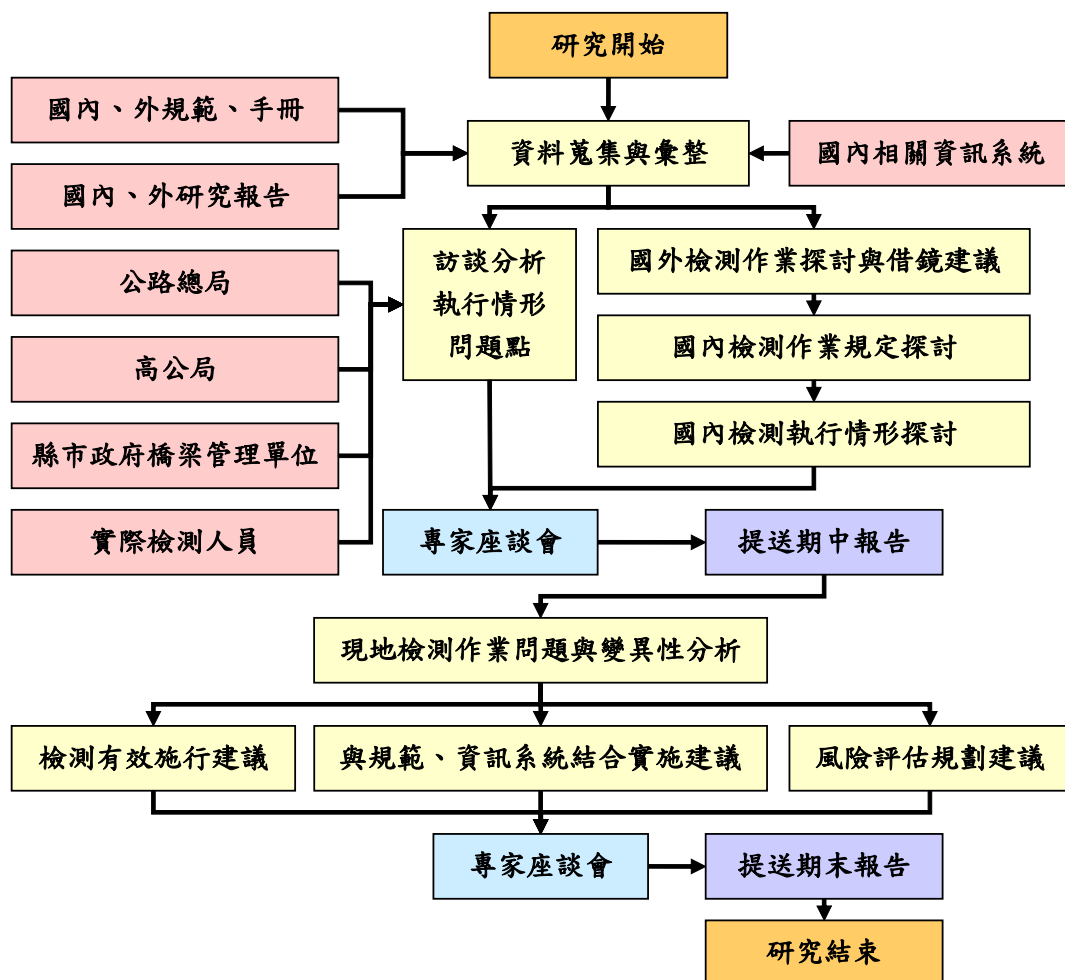


圖 1.1 研究步驟流程圖



## 第二章 文獻蒐集與回顧

### 2.1 橋梁檢測相關規範或手冊

由於橋梁種類繁多，構造各異，要將所有種類的橋梁於同一規範下進行管理檢查與維護，在執行上有其難度，所以世界各國在規範橋梁檢測方面，各有其立論依據與不同之作法。我國各等級橋梁管理單位，亦有其自行之規定，並依據其規定而進行管理與維護。

#### 2.1.1 國外資料

世界先進國家中，在幅員廣大的國境其橋梁數量十分驚人，維護管理所需花費的時間人力與資源也相當可觀，如何能在最經濟的方式與合理的頻率下，對目前數量龐大的橋梁進行檢測維修，是各國重要的橋梁維護原則，因此各國亦訂立相關橋梁檢測的作業規範，供管轄公路單位使用，各國的橋梁檢測規範或手冊如表 2-1<sup>[1-15]</sup>所示。由於臺灣橋梁設計偏美國、日本系統，所以特別詳述美國與日本兩國的橋梁檢測制度相關內容。

表 2-1 各國檢測規範或手冊

國家(單位)	文件
美國	<ul style="list-style-type: none"><li>• FHWA, National Bridge Inspection Standards, 1988.</li><li>• AASHTO, Bridge Element Inspection Guide Manual, 2010.</li><li>• AASHTO, Manual for Condition Evaluation of Bridges, 2010.</li><li>• AASHTO, Manual for Maintenance Inspection of Bridge, 1993.</li><li>• AASHTO, Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges, 2003.</li><li>• FHWA, Bridge Inspector's Reference Manual, 2006.</li><li>• FHWA, The Bridge Inspector's Manual for Movable Bridge, 1997.</li><li>• FHWA, Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges, 1995.</li></ul>
日本	<ul style="list-style-type: none"><li>• 日本道路公團，橋梁定期点検要領(案)，2003</li><li>• 國土交通省，橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領</li></ul>

國家(單位)	文件
	(案), 2003 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 國土交通省, 橋梁定期点檢要領(案), 2004</li> </ul>
中國	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 中華人民共和國交通部, 公路養護技術規範, 2004</li> </ul>
丹麥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspection of Bridges, Danish National Road Directorate, 1994</li> </ul>
芬蘭	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guidelines and Policy for Bridge MR&amp;R Operation</li> <li>• Guidelines for Bridge Inspection</li> <li>• Bridge Inspection Manual</li> <li>• Bridge Repair Manual (SILKO-Guidelines)</li> </ul>

### 2.1.1.1 美國

1967 年, 在美國西維吉尼亞州與俄亥俄州交界處有一座名叫 "Silver Bridge"(銀橋)的橋梁, 因一根桁架斷裂而導致全橋在瞬間坍塌, 損失了 46 條人命, 使美國注意到境內橋梁老化和缺少橋梁檢測準則等問題。而令聯邦運輸部於聯邦公路補助法令內建立起「國家橋梁調查標準」(National Bridge Inspection Standards, NBIS), 並以明文規定各州及各州有關單位應檢測及報告其轄區內之橋梁狀況。在聯邦公路系統下, 只要橋梁長度超過 20 英尺(6 公尺左右)均必須列入編目中。而依照 NBIS 規定, 至少每兩年必須檢測橋梁一次。此法令施行於聯邦公路系統後, 有二十七萬四千座橋梁納入各州編目中, 聯邦公路局(Federal Highway Administration, FHWA)匯集各州資料成立一個資料庫稱為「全國橋梁清冊」(National Bridge Inventory, NBI)。在 1978 年, 此要求已擴展至各州公用道路。此準則於 1972 年發佈後, 參考各州及工程界的意見進行修訂。

就美國橋梁檢測現況而言, 目前 NBIS 列為在美國聯邦法規(Code of Federal Regulations, CFR)中的一節, 該 CFR 近幾年(1995, 1997, 1998)均有修訂, 一直為美國目前所遵行。而該規範中對公路的興建、維護、檢查、管理等, 均有詳細規定。另外 NBIS 中亦包含了橋梁調查的程序、頻率、人員資格、調查報告、登錄等內容, 在 CFR 自 1994 年起的歷次修正中, NBIS 部份均未受影響, 一直維持相同的內容, 並未有任何

的異動，顯示此部份已成為穩定可行的作業標準。以下就美國橋梁檢測相關制度與技術進行介紹。

## 1. 檢測等級

在美國橋梁檢測等級的部分，區分為 5 種類型，分別為初始檢測(Initial)、定期檢測(Routine)、損傷檢測(Damage)、深化檢測(In-Depth)及特殊檢測(Special)等，詳述如表 2-2<sup>[16]</sup>。

表 2-2 美國梁檢測等級

檢測等級	內容
初始檢測	主要採用目視檢測。此種檢測主要目的是建立橋梁初始檢測資料檔案，並可建立各構件結構評量資料，提供作為結構安全評量中，最初步評量之依據及資料庫之建置。
定期檢測	此種為例行性檢測，如美國為 2 年 1 次，主要目的是為確保橋梁結構是否符合服務安全性之要求。
損傷檢測	此種主要因突發環境改變或人為破壞而進行之檢測，檢測結果主要提供該緊急狀況是否需採取橋梁限重措施之參考。
深化檢測	此種檢測主要是用來輔助因定期檢測無法提供之服務，一般稱為非破壞檢測。衝錘法、鋼筋位置探測儀、裂縫深度檢測(超音波)、氬離子含量測試等非破壞檢測。
特殊檢測	此種檢測一般採用監測系統作為檢測工具，針對橋梁基礎沉陷、河床沖刷等進行監測，其中，監測系統大致分為(1)沖刷淘空監測系統、(2)沉陷、傾斜、溫度及接縫之監測系統及(3)土石流潛勢之監測系統，以即時了解及掌握橋梁特殊情況。

資料來源：參考文獻<sup>[16]</sup>。

## 2. 檢測頻率

檢測頻率如圖 2.1。

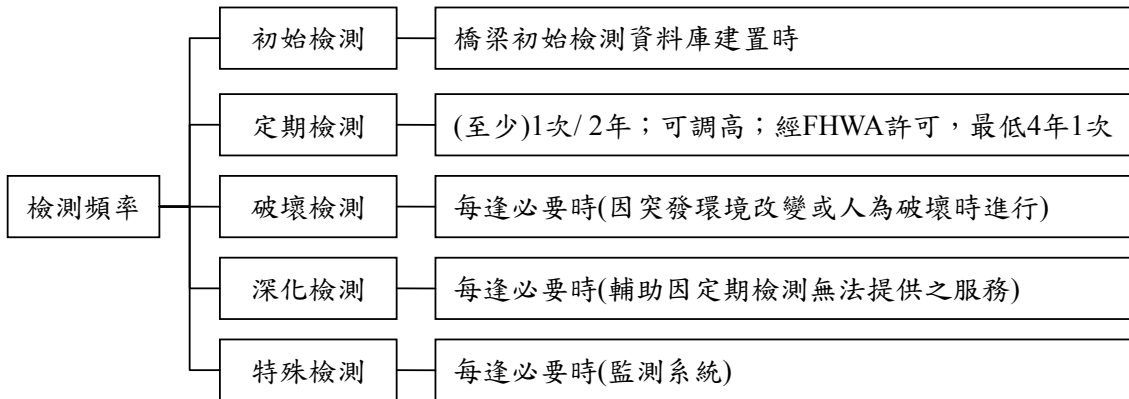


圖 2.1 美國橋梁檢測頻率

### 3. 檢測人員編制與資格

從事橋梁檢測組織單位人員，包括專案經理、檢測小組負責人、載重評估人員與潛水檢測人員，必須具備 CFR 650.307 所規定的資格：

- (1) 專案經理(Program manager)：負責橋梁檢測、報告與管理工作
  - a. 必須是註冊專業工程師；
  - b. 或至少有十年橋梁檢測經驗；且已經完成了 FHWA 完整的訓練課程。
- (2) 小組負責人(Team leader)：負責檢測小組及檢測工作規劃、實行與報告。
  - a. 有上述的資格；或
  - b. 至少有 5 年橋梁檢測經驗，而且已完成了 FHWA 完整的訓練課程；或
  - c. 目前已有經國家專業工程師協會(NSPE)所規劃之全國工程技術檢定(NICET)核可的第 3 級或第 4 級之橋梁安全檢查員資格，而且已完成了 FHWA 完整的訓練課程，或
  - d. 學士學位，且通過國家考試院工程與調查類基礎考試，且有



2 年橋檢經驗，且已完成了 FHWA 完整的訓練課程；或

e. 工程或工程技術相關學位，且有 4 年橋檢經驗，且已完成了 FHWA 完整的訓練課程。

(3) 載重評估人員(Load rater)：全面性負責橋梁載重評估。

a. 必須是註冊專業工程師

(4) 潛水檢測人員(Under- water bridge inspection diver)：負責利用潛水檢測水面下的橋梁元件。

a. 必須完成了 FHWA 完整的訓練課程，或 FHWA 其他水下橋梁檢測訓練課程。

其中，FHWA 所提供橋梁檢測的完整訓練課程如表 2-3<sup>[17]</sup>所示：

表 2-3 美國橋梁檢測培訓課程

單位	課程	內容
NHI Courses	●FHWA-NHI-130054	●Engineering Concepts for Bridge Inspectors
	●FHWA-NHI-130055	●Safety Inspection of In-Service Bridges
	●FHWA-NHI-130078	●Fracture Critical Inspection Techniques for Steel Bridges
	●FHWA-NHI-130079	●Bridge Coatings Inspection
	●FHWA-NHI-130091	●Underwater Bridge Inspection
	●FHWA-NHI-130053	●Bridge Inspection Refresher Training
	●FHWA-NHI-134029	●Bridge Maintenance Training
	●FHWA-NHI-135047	●Stream Stability and Scour at Highway Bridges
	●FHWA-NHI-134056	●Pontis (BMS) Training
Alabama	●Annual training	●Annual bridge inspection training school, one day to one week in length ●State and local government inspectors are expected to attend in preparation for inspection of bridge structures.

單位	課程	內容
Florida	•General bridge inspection course	•Three-week course •Inspection of fixed bridges
	•Movable bridge inspection course	•One-week course •Movable bridge inspection •Inspection of mechanical and electrical components
	•Complex bridge inspection course	•One-week course •Inspection of segmentally constructed, post-tensioned, concrete box girder bridges
	•Culvert inspection course	•Pipe and box culverts
	•Inspection of Fracture Critical Bridge Members	•Recognize and inspect fracture-critical bridge members and teach the student how to inspect these members
	•Non-Destructive Testing (NDT) Methods for Steel Bridges	•Use of NDT on fracture-critical steel bridges
New Jersey	•NHI refresher Railroad bridges	•Once per year •For bridges over active railroad lines (NJ Transit, Conrail, Amtrak, CSX, Norfolk Southern, Shared Assets, etc.) the consultant must have his team leader and other field inspection engineers complete annual training provided by the concerned company.
New York	•NYSDOT Bridge Inspection Workshop	•Five-day course required for all inspectors and QC personnel
Ohio	•Comprehensive	•Six-day course that meets federal requirements for comprehensive bridge inspection training
	•Major bridge	•Special training and experience are required for major bridges
Oregon	•Confined Space Awareness	•Personnel inspecting interiors of box girders must complete the Confined Space Awareness training course

單位	課程	內容
Pennsylvania	•Basic bridge inspection training course	•7.5 work days; instructors are Pes •Certificate of completion for attendance *Certified Bridge Safety Inspector card after testing/evaluation
	•Bridge inspection refresher training course	•Three work days; instructors are PEs
	•Fracture Critical Inspection Techniques for Steel Bridges	
	•Bridge Scour Evaluation	
Washington	•Bridge Condition Inspection Fundamentals	•Three-day course •Preparatory for Bridge Condition Inspection Training
	•Bridge Condition Inspection Training	•10-day course •Training includes 20 h in the field •For new inspectors or those who desire a complete refresher •Class is equivalent to the NHI-130055A (6 CEUs) •Satisfactory completion of this course will fulfill the training requirements

資料來源：參考文獻<sup>[17]</sup>。

#### 4. 檢測技術

理論方面，NBIS 僅對橋梁基本資料建置及目視檢測方法建立制度，屬於例行性檢測，而對於受損較嚴重的橋梁需進行承載能力評估、深入的非破壞性儀器檢測、破壞性檢測，以及特殊檢測(如傾斜、沉陷、沖刷)之作業方法，則主要參考美國各州公路和運輸工作者協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)的相關評估手冊。表 2-4 列出美國各年代與橋梁檢測相關準則。值得提及，AASHTO 的「Manual for Condition Evaluation of Bridge」<sup>[8]</sup>早期適用於採容許應力法(Allowable Stress

Design)設計之橋梁，以容許應力比(Allowable Stress Ratio, ASR)指標評比橋梁載重能力；之後用於載重係數法(Load Factor Design)設計之橋梁，以載重係數指標(Load Factor Rating, LFR)來評量；至2003年 AASHTO 出版「Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges」<sup>[9]</sup>，以因應當時以載重與阻抗因子設計法(Load Resistance Factor Design, LRFD)設計之新建橋梁，採載重與阻抗因子係數(LRFR)評比橋梁載重能力。直至2008年，AASHTO才又統整各種評比指標，並彙整於「Manual for Condition Evaluation of Bridge」<sup>[8]</sup>。

表 2-4 美國各年代與橋梁檢測相關準則

組織	年代	規範手冊
Oregon Dept. of Trans.	1999	Oregon NBI Coding Guide
USC-Highway	2000	U.S. Code for Bridge Inspection
Texas Dept. of Trans.	2002	Bridge Inspection Manual
Ohio Dept. of Trans.	2006	Manual of Bridge Inspection
AASHTO	1970	Manual for Maintenance Inspection of Bridge
	1974	
	1978	
	1983	
	1993	
AASHTO	1994	Manual for Condition Evaluation of Bridge
	2010	
AASHTO	2003	Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges
	2005	
FHWA	1971	National Bridge Inspection Standards
	1979	
	1988	
FHWA	1972	Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges
	1979	

組織	年代	規範手冊
	1988	
	1991	
	1995	
FHWA	1979	Bridge Inspector's Training Manual 70
FHWA	1979	Culvert Inspection Manual
FHWA	1986	Inspection of Fracture Critical Bridge Members
FHWA	1988	Scour at Bridges, a technical advisory
FHWA	1991	Bridge Inspector's Training Manual 90
FHWA	1997	The Bridge Inspector's Manual for Movable Bridge
FHWA	2006	Bridge Inspector's Reference Manual

### **NBIS 橋梁檢測與能力評等 SR (Sufficiency Rating)**

美國 FHWA 建立橋梁檢測管理制度中，首先建立全國橋梁清冊，進行全國橋梁相關資料收集與整理，並進而訂定國家橋梁調查標準，要求各州政府每兩年將其所管轄之橋梁進行一次檢測作業，檢測發現之構件劣化情形及檢測結果，須均記載於符合 NBIS 要求的「橋梁基本資料與評估表」(Structure Inventory and Appraisal Sheet, SI&A)，如表 2-5 所示。

其表內資料包括(1)橋梁身分(Identification)、(2)結構型式及材料 (Structure Type and Material)、(3)橋齡及服務功能(Age and Service)、(4)幾何資料(Geometric Data)、(5)水道資料(Navigation)、(6)能力評等 (Sufficiency Rating)、(7)橋梁等級 (Classification)、(8)橋梁現況 (Condition)、(9)橋梁載重與告示資料(Load Rating and Posting)、(10)橋梁評估(Appraisal)、(11)橋梁改善建議(Proposed Improvements)、及(12)檢測建議(Inspection)計 12 項，其中第(8)項橋梁現況為橋梁構件之檢測評等資料<sup>[18]</sup>。

依橋梁現況與承載能力等進行能力評等 SR 之步驟簡介如下：

1. 建立橋梁基本資料(SI&A)評量表(如表 2-5)，評量表各項目與內容說明如表 2-6。其中，「Condition」項目用於橋梁現況評量，亦即將橋梁分為五項部位(Components)，包括(1)橋面版、(2)上部結構、(3)下部結構、(4)河道及河道保護工、及(5)涵管等。

表 2-5 美國橋梁基本資料與評量(SI&A)表

Structure Inventory and Appraisal Sheet

NATIONAL BRIDGE INVENTORY - - - - - STRUCTURE INVENTORY AND APPRAISAL 10/15/94

```

***** IDENTIFICATION *****
(1) STATE NAME - _____ CODE ____
(8) STRUCTURE NUMBER _____ # _____
(5) INVENTORY ROUTE (ON/UNDER) - _____ = _____
(2) HIGHWAY AGENCY DISTRICT _____
(3) COUNTY CODE _____ (4) PLACE CODE _____
(6) FEATURES INTERSECTED - _____
(7) FACILITY CARRIED - _____
(9) LOCATION - _____
(11) MILEPOINT/KILOMETERPOINT _____
(12) BASE HIGHWAY NETWORK - _____ CODE ____
(13) LRS INVENTORY ROUTE & SUBROUTE # _____
(16) LATITUDE ____ DEG ____ MIN ____ SEC
(17) LONGITUDE ____ DEG ____ MIN ____ SEC
(98) BORDER BRIDGE STATE CODE ____ % SHARE ____ %
(99) BORDER BRIDGE STRUCTURE NO. # _____

***** STRUCTURE TYPE AND MATERIAL *****
(43) STRUCTURE TYPE MAIN: MATERIAL - _____
TYPE - _____ CODE ____
(44) STRUCTURE TYPE APPR: MATERIAL - _____
TYPE - _____ CODE ____
(45) NUMBER OF SPANS IN MAIN UNIT _____
(46) NUMBER OF APPROACH SPANS _____
(107) DECK STRUCTURE TYPE - _____ CODE ____
(108) WEARING SURFACE / PROTECTIVE SYSTEM:
A) TYPE OF WEARING SURFACE - _____ CODE ____
B) TYPE OF MEMBRANE - _____ CODE ____
C) TYPE OF DECK PROTECTION - _____ CODE ____

***** AGE AND SERVICE *****
(27) YEAR BUILT _____
(106) YEAR RECONSTRUCTED _____
(42) TYPE OF SERVICE: ON - _____
UNDER - _____ CODE ____
(28) LANES: ON STRUCTURE ____ UNDER STRUCTURE ____
(29) AVERAGE DAILY TRAFFIC _____
(30) YEAR OF ADT _____ (109) TRUCK ADT ____ %
(19) BYPASS, DETOUR LENGTH _____ KM

***** GEOMETRIC DATA *****
(48) LENGTH OF MAXIMUM SPAN ____ M
(49) STRUCTURE LENGTH ____ M
(50) CURB OR SIDEWALK: LEFT ____ M RIGHT ____ M
(51) BRIDGE ROADWAY WIDTH CURB TO CURB ____ M
(52) DECK WIDTH OUT TO OUT ____ M
(32) APPROACH ROADWAY WIDTH (W/SHOULDERS) ____ M
(33) BRIDGE MEDIAN - _____ CODE ____
(34) SKEW ____ DEG (35) STRUCTURE FLARED ____
(10) INVENTORY ROUTE MIN VERT CLEAR ____ M
(47) INVENTORY ROUTE TOTAL HORIZ CLEAR ____ M
(53) MIN VERT CLEAR OVER BRIDGE RDWY ____ M
(54) MIN VERT UNDERCLEAR REF - _____ M
(55) MIN LAT UNDERCLEAR RT REF - _____ M
(56) MIN LAT UNDERCLEAR LT ____ M

***** NAVIGATION DATA *****
(38) NAVIGATION CONTROL - _____ CODE ____
(111) PIER PROTECTION - _____ CODE ____
(39) NAVIGATION VERTICAL CLEARANCE ____ M
(116) VERT-LIFT BRIDGE NAV MIN VERT CLEAR ____ M
(40) NAVIGATION HORIZONTAL CLEARANCE ____ M

***** CLASSIFICATION *****
(112) NBIS BRIDGE LENGTH - _____
(104) HIGHWAY SYSTEM - _____
(26) FUNCTIONAL CLASS - _____
(100) DEFENSE HIGHWAY - _____
(101) PARALLEL STRUCTURE - _____
(102) DIRECTION OF TRAFFIC - _____
(103) TEMPORARY STRUCTURE - _____
(105) FEDERAL LANDS HIGHWAYS - _____
(110) DESIGNATED NATIONAL NETWORK - _____
(20) TOLL - _____
(21) MAINTAIN - _____
(22) OWNER - _____
(37) HISTORICAL SIGNIFICANCE - _____

***** CONDITION *****
(58) DECK _____
(59) SUPERSTRUCTURE _____
(60) SUBSTRUCTURE _____
(61) CHANNEL & CHANNEL PROTECTION _____
(62) CULVERTS _____

***** LOAD RATING AND POSTING *****
(31) DESIGN LOAD - _____ OR _____
(63) OPERATING RATING METHOD - _____
(64) OPERATING RATING - _____
(65) INVENTORY RATING METHOD - _____
(66) INVENTORY RATING - _____
(70) BRIDGE POSTING - _____
(41) STRUCTURE OPEN, POSTED OR CLOSED - _____
DESCRIPTION - _____

***** APPRAISAL *****
(67) STRUCTURAL EVALUATION _____
(68) DECK GEOMETRY _____
(69) UNDERCLEARANCES, VERTICAL & HORIZONTAL _____
(71) WATERWAY ADEQUACY _____
(72) APPROACH ROADWAY ALIGNMENT _____
(36) TRAFFIC SAFETY FEATURES _____
(51) SCOUR CRITICAL BRIDGES _____

***** PROPOSED IMPROVEMENTS *****
(75) TYPE OF WORK - _____ CODE ____
(76) LENGTH OF STRUCTURE IMPROVEMENT ____ M
(94) BRIDGE IMPROVEMENT COST $____,____,000
(95) ROADWAY IMPROVEMENT COST $____,____,000
(96) TOTAL PROJECT COST $____,____,000
(97) YEAR OF IMPROVEMENT COST ESTIMATE ____
(114) FUTURE ADT _____
(115) YEAR OF FUTURE ADT _____

***** INSPECTIONS *****
(90) INSPECTION DATE ____/____/____ (91) FREQUENCY ____ MO
(92) CRITICAL FEATURE INSPECTION: (93) CFI DATE
A) FRACTURE CRIT DETAIL - ____ - ____ MO A) ____/____
B) UNDERWATER INSP - ____ - ____ MO B) ____/____
C) OTHER SPECIAL INSP - ____ - ____ MO C) ____/____

```

資料來源：參考文獻<sup>[8]</sup>。

2. 為了評量上述結構部位現況(Condition Rating)，需分別針對各部位，先評量其對應各構件(Elements)之劣化情形，構件評估(Evaluating Elements)準則如表 2-7 所示，分為 4 級：好(Good)、普通(Fair)、不良(Poor)以及不適用或無法評量。

除了可採用 FHWA 構件評量表與準則以外，橋梁構件檢測亦可參照 AASHTO 相關規定，例如構件辨識參照 AASHTO 「Commonly Recognized (CoRe) Structural Elements」<sup>[20]</sup>，依構件材料、型式細分編碼，即從構件編碼即可得知構件之結構部位、材料、型式等。

表 2-6 美國 SI&A 評量表之項目與內容

項目	內容
橋梁身份(Identification)	州名、編號、經緯度等
結構型式與材料 (Structure Type and Material)	結構主要型式、材質、跨數、橋面版型式與材質、鋪面型式等
橋齡及服務(Age and Service)	建造及改建年份、服務水準等級、每日及年平均交通量、替代道路長度等
幾何資料(Geometric Data)	最大跨距、橋寬及橋面版寬、引道長寬、橋上及橋下最大淨高等
水道資料(Navigation Data)	航道垂直淨高及水平淨寬、橋墩護體設施等
能力評等(Sufficiency Rating)	橋梁結構及服務水準之評估
橋梁等級(Classification)	公路等級、功能等級、車流等級、收費等級、維修等級、所屬單位等級、歷史重要等級等
橋梁現況(Condition)	橋面版、上下部結構、河道等現況評量等
橋梁載重 (Load Rating and Posting)	設計載重、封橋及開放載重等
橋梁評估(Appraisal)	結構分析、橋面幾何、橋下淨高及淨寬、航道適當性、交通安全性、沖刷評量等
橋梁改善建議 (Proposed Improvement)	改善工作、數量、費用、期限等
檢測(Inspections)	檢測日期、危險部位檢測建議、水下檢測建議、其它特別檢測之建議等

資料來源：參考文獻<sup>[16]</sup>。

表 2-7 美國 FHWA 構件評估準則

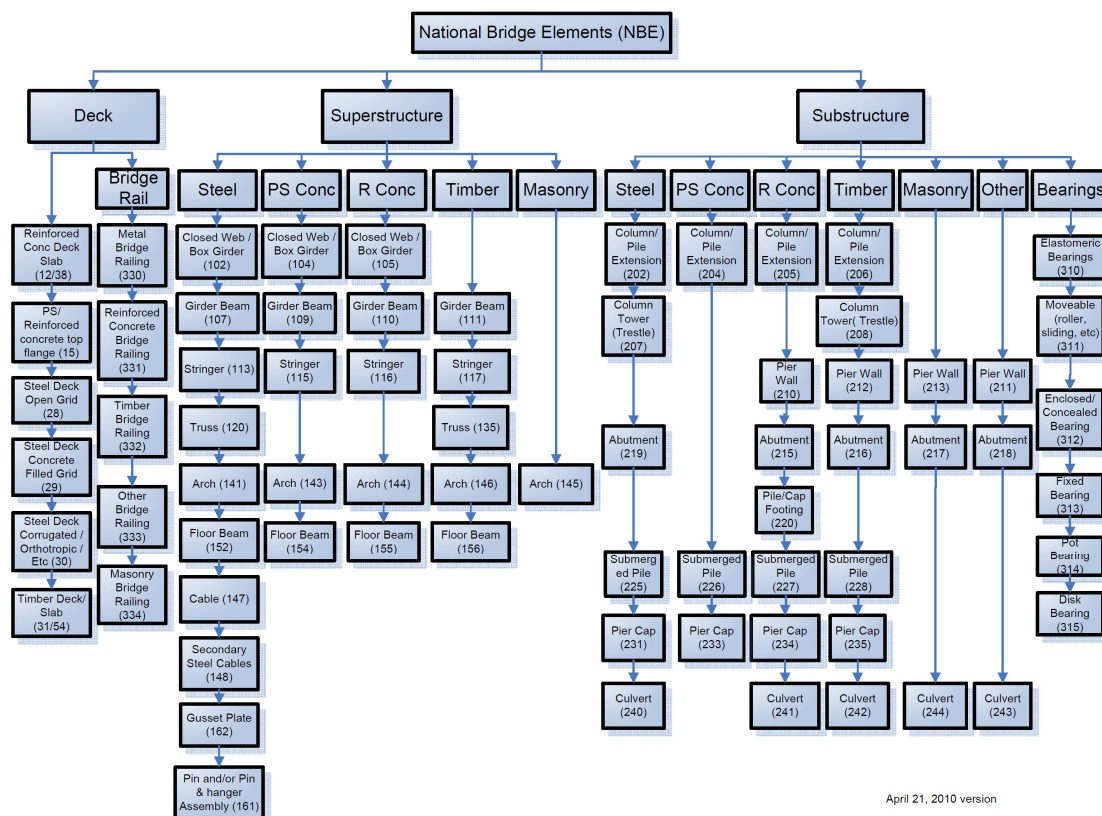
判定等級	狀況
良好(Good)	構件僅稍微劣化或該劣化對構件無關緊要。
普通(Fair)	構件輕微劣化，如混凝土斷面損失、剝離或裂縫均輕微，並不影響構件強度。
不良(Poor)	構件更形劣化，如混凝土斷面損失、剝離或裂縫，已影響或已傷及構件強度。
N/A	不適用或無法評等(Not Applicable)
註：檢測員檢測時，亦應紀錄構件劣化之類型、尺寸、範圍，以及該劣化對該構件、結構安全或交通功能影響度。	

2010 年新頒佈之第 1 版「AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual」<sup>[20]</sup>重新定義新版構件(New Element)為以下三類：

- (1) National Bridge Elements (NBE'S)：針對橋梁安全與承載影響，至少需要考量之主要構件，如橋面板、大梁、墩柱、基礎等，如圖 2.2 所示。
- (2) Bridge Management Elements (BME'S)：接頭、磨耗層、保護層等。其用意是將結構與保護層或磨耗層區分開，該類構件提供橋梁管理系統功能之用。
- (3) Agency Developed Elements：客製化構件。

既有規定之 CoRe Element 將由 NBE 構件來定義，構件現況 (Element Condition)改用對應損傷模式的現況缺陷標誌(Defect Flag 或 Smart Flag)來說明，分為良好(Good)、普通(Fair)、不良(Poor)、極差 (Severe Convention)之 4 等級(Condition State)，前三等級不變，惟新增之「極差」狀況，用以表示構件狀況比不良等級還差，可能影響承載能力，對應的處置措施甚至需要置換(Replace)，除此之外，以前對整支構件採單一狀況指標來評估，也改以多段式模式(Multi-Path Model)評估，為此，評估對象所用單位名稱(Unit)也配合修改，例如橋面板改用面積單位。目前該版新構件檢測尚沒有與 NBI 的橋梁能力評等相關聯。





April 21, 2010 version

資料來源：參考文獻<sup>[20]</sup>。

圖 2.2 AASHTO-NBE 橋梁構件

3. 分別針對五大部位完成對應之各構件評量後，需綜合考量構件狀況，彙整為橋梁結構各部位現況評量(Condition Rating)，評量結果分為 0、1、2...~N 等 11 級(如表 2-8)。
4. 類似前一項之結構部位現況評量，但針對(SI&A)評量表中之「Appraisal」項目，進行橋梁之服務水準之評量(Appraisal Rating)，包含結構分析、橋面版幾何狀況、橋下淨高與淨寬、河道之適當性、引道之排置、交通安全事故統計、沖刷嚴重性等項目。同樣，評量結果也分為 0、1、2...~N 等 11 級(如表 2-9)，反映橋梁之服務水準是否滿足現行規範之要求。

表 2-8 美國 FHWA 結構部位現況評估準則

判定等級	表述	說明
N	-	不適用
9	完美 (excellent condition)	
8	非常良好 (very good condition)	無損壞情形記載
7	良好(good condition)	有些輕微損壞
6	尚可(satisfactory)	結構構件有些輕微劣化現象
5	普通(fair condition)	所有主要結構構件尚完好，但有輕微斷面損失、裂縫、剝落或沖刷問題
4	不良(poor condition)	有進一步斷面損失、裂縫、剝落或沖刷問題
3	嚴重 (serious condition)	斷面損失、裂縫、剝落或沖刷問題已經嚴重影響主要結構構件。局部構件損壞可能發生。鋼構件之疲勞裂縫或混凝土構件之剪力裂縫可能發生
2	極嚴重 (critical condition)	主要結構構件已有進一步劣化。鋼構件之疲勞裂縫或混凝土構件之剪力裂縫可能發生或沖刷狀況可能使下部結構支撐位移。除嚴密監測(視)，狀況修復前可考慮封橋
1	幾近損毀 (imminent failure condition)	有立即損壞狀況，臨界結構構件出現明顯劣化、斷面損失，水平、垂直位移已影響結構穩定。橋梁需封閉交通，但橋梁修復後可能提供輕量服務
0	損毀(failed condition)	無法再提供服務，也無法修復

資料來源：參考文獻<sup>[16]</sup>。

表 2-9 美國 FHWA 服務水準評估準則

判定等級	說明
N	不適用
9	狀況優於現行高標準規範之要求
8	狀況符合現行高標準規範之要求
7	狀況優於現行低標準規範之要求
6	狀況符合現行低標準規範之要求
5	稍微優於本身最低負載能力限度之需求
4	符合本身最低負載能力限度之需求
3	無法負荷基本需求，需優先進行改善作業
2	無法負荷基本需求，需優先進行替換作業
1	此評等值不被使用
0	橋梁關閉

資料來源：參考文獻<sup>[16]</sup>。

5. 以上步驟特定項目之 Condition Rating 或 Appraisal Rating 之任一評量值低於表 2-10 所示標準值時，則稱為結構缺陷(Structurally Deficient)或功能喪失(Functionally Obsolete)。此時需再進行能力評等 SR 之計算，以作為橋梁維修或改建之優先順序之參考及美國聯邦政府預算經費編列及核撥依據。

表 2-10 結構缺陷與功能喪失評定標準

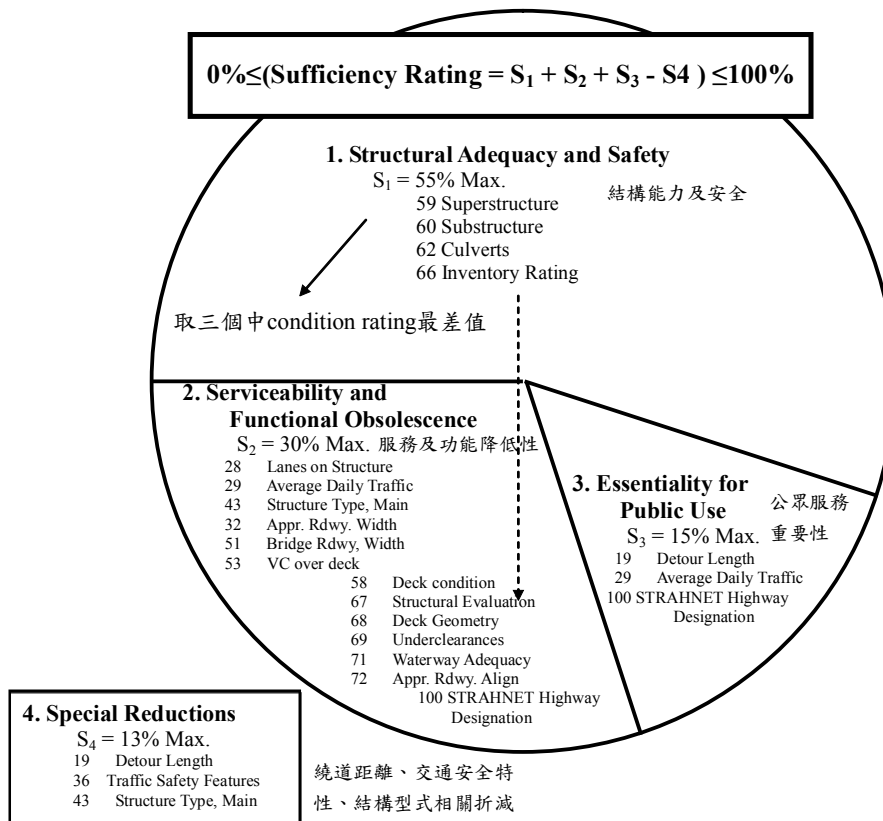
評定標準		適用之評估項目
結構缺陷	A Condition rating $\leq$ 4	橋面版、上部結構、下部結構、涵管
	An Appraisal rating $\leq$ 2	結構分析、河道之適當性
功能喪失	An Appraisal rating $\leq$ 3	橋面版幾何狀況、橋下淨高與淨寬、引道之排置
	An Appraisal rating=3	結構分析、河道之適當性

SR 用以表達一座橋梁尚能使用之能力，計算方式為橋梁單項指標之總和(圖 2.3)，包括結構功能指標( $S_1$ )、服務功能指標( $S_2$ )、易損性指

標(S<sub>3</sub>)及特殊加權(S<sub>4</sub>)。評等公式如式(2.1)，各指標說明如表 2-11 所示。

$$SR = S_1 + S_2 + S_3 - S_4 \quad (0\% \leq SR \leq 100\%) \dots\dots\dots (2.1)$$

其中，S<sub>1</sub> 值為「結構能力及安全」(Structural Adequacy and Safety) 指標，與表 2-5 之「Condition」項目之橋梁上部結構、下部結構、涵管等三個部位之現況評量，以及表 2-5 之「Load Rating and Posting」項目之「Inventory Rating」評量之載重能力相關。S<sub>2</sub> 值為「服務及功能喪失」(Serviceability and Functional Obsolescence) 指標，與依據表 2-5 之「Condition」項目之橋面板現況、「Appraisal」項目之結構評估、橋面板幾何狀況、橋下淨高與淨寬、河道之適當性、引道之排置等計算之評量折減因子(Rating Reductions)；依據表 2-5 之「Geometric Data」項目之橋面車道寬度、引道寬度、每日車流量、車道數所計算之橋面寬度不足(Width of Roadway Insufficiency) 指標；依據表 2-5 之「Geometric Data」項目之橋面車道以上最小淨高計算之垂直向淨高不足(Vertical Clearance Insufficiency) 指標等相關。S<sub>3</sub> 值為「公眾服務之重要性」指標，與前述 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、每日車流量、橋梁損壞後之繞道距離以及編號 100 的國防公路(#100 Defense Highway)之評量值相關，其中，國防公路表示橋梁戰略重要性，係依美國戰略公路網設計(STRAHNET Highway Designation) 評等橋梁是否在戰略路網或交口上。當 S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>+S<sub>3</sub>≥50 時才要算 S<sub>4</sub> 值，與橋梁損壞繞道長度折減值(Detour Length Reduction)、表 2-5 之「Structure Type and Material」項目之主結構類別 (Structure Type, Main)、「Appraisal」項目之交通安全性(Traffic Safety Features) 相關。詳細計算方式與流程可參考 FHWA 「Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges」<sup>[11]</sup> 之附錄二，或陳永銘、許阿明<sup>[16]</sup> 所提供之計算案例及說明。



註：S<sub>1</sub>~S<sub>4</sub> 區塊內列舉計算所需 SI&A 表中之項目編號及對應項目

資料來源：參考文獻<sup>[11]</sup>。

圖 2.3 美國能力評等 SR

表 2-11 橋梁能力評等中各項指標準則

評等	值域(Max)	說明
S <sub>1</sub>	55%	依結構能力及安全性而定，亦即依上部結構或下部結構之承載能力而定。
S <sub>2</sub>	30%	依服務能力及功能喪失而定。亦即依橋面板狀況、淨空、車道線形及寬度等而定。
S <sub>3</sub>	15%	依公眾使用情形而定亦即依繞道距離、平均日交通量及道路保護設施等而定。
S <sub>4</sub>	13%	在處理特殊之繞道距離、交通安全設施、及結構類型時之修正值。

橋梁係依各項功能評等給予  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  與  $S_4$  的百分比值。而當  $SR < 80\%$  時，代表該橋梁可用維修方式辦理修復；當  $SR < 50\%$  時，則該橋以改建方向辦理，以上程序如圖 2.4 所示。

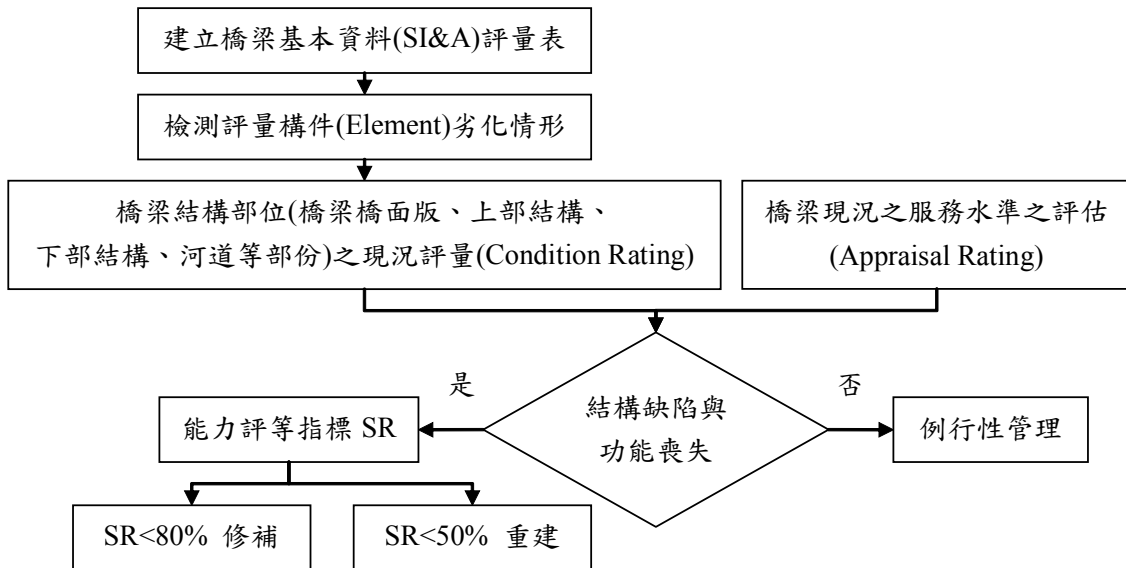
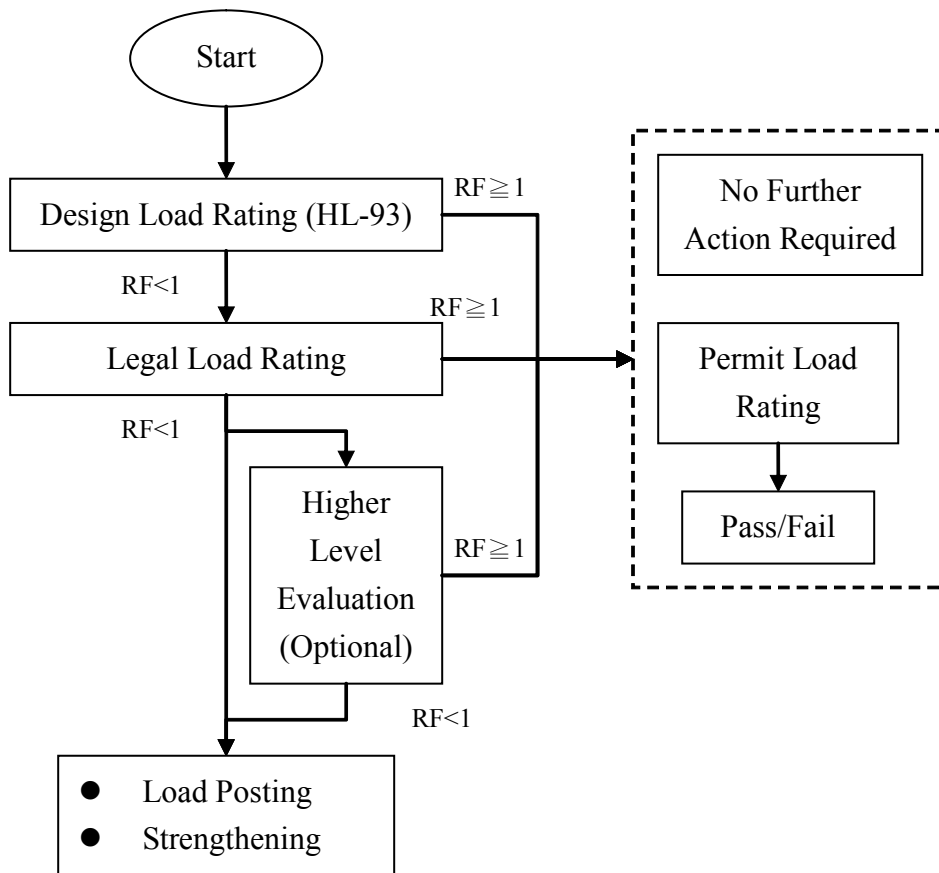


圖 2.4 美國 NBIS 橋梁檢測與 SR 評等流程

圖 2.3 中「Inventory Rating」可參考 AASHTO 載重能力評估方式，茲簡介 LRFR 方法如下。

### AASHTO 載重能力評估法 LRFR 簡介

2003 年 AASHTO 出版「Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges」<sup>[9]</sup>，以因應當時以載重與阻抗因子設計法(Load Resistance Factor Design, LRFD)設計之新建橋梁，採載重與阻抗因子係數(LRFR)評量橋梁載重能力，其流程如圖 2.5 所示，在所有極限狀態及載重效應下，每一組成構件與接頭之耐荷係數(Rating Factor, RF)最小值如果大於等於 1，表示安全，橋梁可承受分析所用之活載重，設計載重或法定載重評估無慮時，才可以評估超載許可量；法定載重評估不過時，需要限載或維修補強。



資料來源：參考文獻<sup>[9]</sup>。

圖 2.5 美國 LRFR 評量流程

RF 以式(2.2)計算。

$$RF = \frac{C - (\gamma_{DC})(DC) - (\gamma_{DW})(DW) \pm (\gamma_P)(P)}{(\gamma_L)(LL + IM)} \dots\dots\dots (2.2)$$

其中，C 為承載能力；DC 為由結構構件及附件造成之靜載重效應；DW 為由磨耗層及設備造成之靜載重效應；P 為靜載重之外的永久載重；LL 為活載重效應；IM 為動態載重效應； $\gamma_{DC}$  為結構構件及附件之載重係數； $\gamma_{DW}$  為磨耗層及設備之載重係數； $\gamma_P$  為靜載重之外的永久載重之載重係數；及  $\gamma_L$  為評估之活載重係數，視評估設計載重(Design Load，含 Inventory 與 Operating)、法定載重(Legal Load)與允許載重

(Permit Load)而不同。

於強度極限狀態：

$$C = \phi_c \phi_s \phi R_n \dots\dots\dots (2.3)$$

於使用服務極限狀態：

$$C = f_R \dots\dots\dots (2.4)$$

其中， $\phi_c$  為現況係數(表 2-12)； $\phi_s$  為結構系統係數； $\phi$  為 LRFD 抵抗係數； $R_n$  為構件標稱抵抗力；及  $f_R$  為 LRFD 設計規範中規定的容許應力。

表 2-12 LRFR 之現況係數

結構構件現況(表 2-7)	$\phi_c$
Good or Satisfactory	1.00
Fair	0.95
Poor	0.85

### 2.1.1.2 日本

日本橋梁管理方式基本上是透過以檢查基準與檢查手冊為基礎之檢測制度，掌握橋梁損害程度，並評估橋梁健全度，進而決定因應對策。也就是經由從檢查至診斷、修復之系統化過程，以達成對既有橋梁之維護管理目的。日本公路橋梁檢測主要依據日本道路公團(Japan Highway Public Corporation, JH)的「道路構造物点檢要領(案)」<sup>[21]</sup>與國土交通省的「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領(案)」<sup>[22]</sup>及「橋梁定期点檢要領(案)」<sup>[23]</sup>，而各地方管理單位再依區域特性進行調整與規範。以下就 JH 的「道路構造物点檢要領(案)」<sup>[21]</sup>分別依檢測等級、檢測作業流程、檢測頻率、檢測方法、檢測人員之編制與資格及檢測報告等方面進行說明。



## 1. 檢測等級

日本橋梁檢測等級依不同目的可以區分為五大類型<sup>[21]</sup>，各類型說明如表 2-13。

表 2-13 日本道路公團橋梁檢測等級

檢測等級	目的
初期檢測	以掌握構造物完成後的初期狀況為目的所執行的檢測。配合初期檢測，也要將建造結構物時的變形狀態或修補經過等記錄一併收集整理。
日常檢測	盡早發現道路全面性異常、損傷等，判定是否需要做適當處置及修補等為主要目的而實施的巡迴檢查，並區分為主線內與主線外之檢測。 1. 主線內檢測 從主線內進行的檢測，主要由車上目視及車上感覺，從主線內能以目視確認或身體感覺範圍內，掌握結構物全般的異常、損傷為目的。 2. 主線外檢測 從主線外(一般道路)的檢測，以車上目視為主，就高速公路等與一般道路等的交叉點、市區指示標誌等，從防止第三者受害為觀點，掌握結構物全面的異常、損傷為目的。
定期檢測	要掌握管理區段全體結構物的狀況以確保橋梁安全而定期實施的檢測工作，該檢測結果將作為今後擬定檢測計畫之資料。
詳細檢測	為掌握、評估結構物損傷的細部狀況所實施之檢測，該檢測結果將作為擬定檢測計畫、修補計畫等之基礎。
臨時檢測	平常檢測有困難，或因應異常氣象需要臨時實施的檢測。

資料來源：參考文獻<sup>[21]</sup>。

## 2. 檢測頻率

日本的檢測頻率依表 2-14 所示為標準。表 2-14 所示的檢測頻率，可根據過去的檢查結果和構造物的狀況，及考慮到環境條件和使用條件下，適度地調整。

表 2-14 日本橋梁檢測頻率

檢測等級		檢測頻率(適用範圍)	
初期檢測		於構造物建造完畢，開放使用之前	
平常 檢測	主線內	日間	7 日/1 週 (車流量在 40,000 輛/日以上者)
			5 日/1 週 (車流量在 5,000 輛/日~40,000 輛/日者 或連續 2 日以上未檢測者)
			7 日/2 週 (車流量在 5,000 輛/日以下或連續 2 日以上未檢測者)
	夜間	1 次/1 月	
	主線外	2~4 次/1 年	
定期檢測		1 次/1 年	
詳細檢測		對交通安全或對第三者恐造成妨礙顧慮的處所，檢測最大間隔 5 年 上述情況以外的處所，檢測最大間隔 10 年。 但標誌在開放使用後 1 個月、6 個月及 12 個月時實施。 檢測間隔，應考量檢測結果或結構物的狀況，及其結構物的周邊環境，因應需要得在最大間隔範圍內適當縮短。	
臨時檢測		視必要性而定	

資料來源：參考文獻<sup>[21]</sup>。

不同的檢測等級所需檢測的對象則如表 2-15 所規定。

表 2-15 日本各橋梁檢測等級所需檢測的構件

對象	初期 檢測	平常檢測		定期 檢測	詳細 檢測
		主線內	主線外		
橋 梁	鋼橋	○	○	○	○
	混凝土橋	○	○	○	○
	混凝土橋面版	○	○	○	○
	預鑄混凝土橋面版	○	○	○	○
	下部結構	○	○	○	○
	支承	○	-	○	○
	伸縮裝置	○	○	○	○
	柵欄	○	○	○	○
	排水設施	-	○	○	○
	防止落橋裝置	○	-	-	○
	檢查路	○	-	○	○

註：表中記錄○表示進行必要的檢測，- 表示在檢測可能的場合來進行。

資料來源：參考文獻<sup>[21]</sup>。

### 3. 檢測人員編制與資格

在定期檢測中<sup>[23]</sup>，每一座橋與每一台橋梁檢測車的檢測作業班的編成人員，表 2-16 可供為參考。此外，各編制人員所負責之工作內容如下：

- (1) 橋梁檢測員：負責管理檢測作業班，安全之管理，各人員行動之掌握，檢測調查的實施等。
- (2) 檢測補助員：依據橋梁檢測員的指示輔助檢測作業的進行，輔助儀器之操作，現況之記錄與攝影等，通常配置兩人。
- (3) 檢測車運轉員：遵從橋梁檢測員指示檢測車的移動等。

- (4) 交通整理員：在檢測時管制交通，確保與維持檢測作業班人員執行工作時的安全。

表 2-16 日本橋梁檢測作業班的編成人員

人員	橋梁檢測車	其他的設施
橋梁檢測員	1 人(註 1)	1 人(註 2)
檢測補助員	2 人(註 1)	2 人(註 2)
檢測車運轉員	1 人(註 1)	—
交通整理員	(註 3)	—

(註 1)橋梁檢測車：對於檢測所必要的作業範圍與交通狀況等，需充分考量各橋梁及各檢測使用機種，來決定編成人員。

(註 2)其他的設施：若有檢查車、梯子、舟，塗裝時利用之工作架的場合，需考量現地條件與檢測方法(項目、器具等)決定編成人員。

(註 3)交通整理員：交通整理員，需根據道路工事保全設施設置基準(案)，橋梁之交通條件，來決定編成人員。

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

橋梁的定期檢測根據業務委託進行的場合需配置一名以上，並合乎下列各項規定之檢測員<sup>[24]</sup>：

- (1) 大學畢業後具有 5 年以上實務經驗者。
- (2) 二專或專科畢業後具有 8 年以上實務經驗者。
- (3) 高中職學校畢業後具有 11 年以上實務經驗者。
- (4) 不符前項資格，但具有同等以上的能力者。

#### 4. 檢測技術

##### 檢測評估準則與檢測作業流程

JH 使用之橋梁評等系統，係將橋梁損傷區分為 AA、A、B 及 OK 等 4 個等級，並考慮可能造成交通安全障礙或第三者受害等，需另加註符號 E 標示說明(如 AA·E、A·E 與 B·E)。依據 JH 所訂定的橋梁

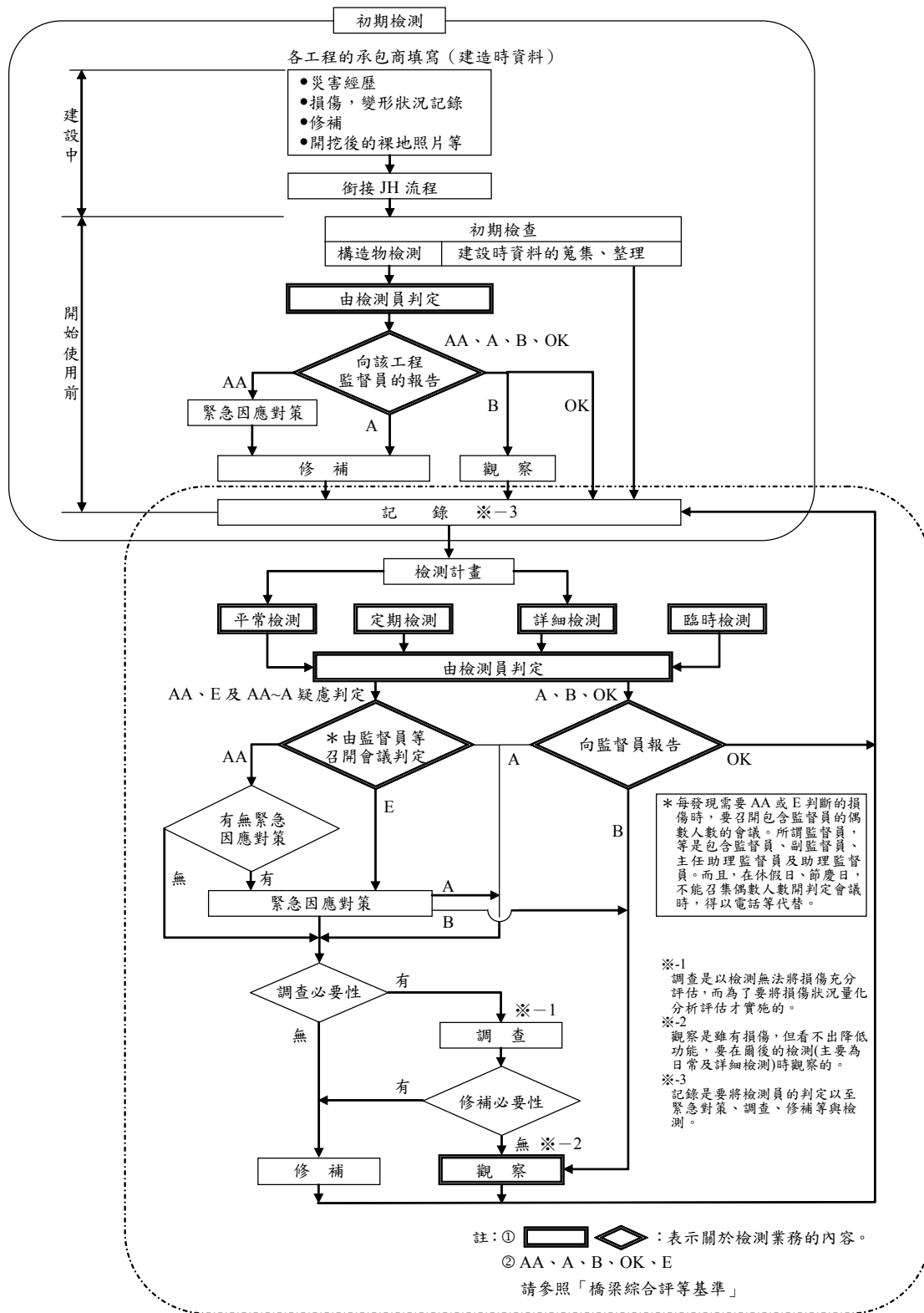
評估準則如表 2-17 所示，損傷判定需對應橋梁不同部位、損傷種類及檢測等級。

表 2-17 日本道路公園橋梁評估準則

判定等級		狀況
功能面的判斷	AA	損傷、變形狀態顯著，從功能面來看需要採取緊急修補的情形。
	A	有損傷、變形狀態，能看出功能降低而需要修補，但不需要緊急修補。有必要的話，需進行進一步調查。
	B	雖有損傷、變形狀態，但看不出功能性受影響，需要持續觀察損傷情形。
	OK	沒有損傷、變形狀態，或是輕微受損情形。
第三者受害的判斷	E	對交通安全或第三者恐有妨礙的顧慮，而需要緊急修補時。

資料來源：參考文獻<sup>[21]</sup>。

日本橋梁檢測流程如圖 2.6 所示，採檢測員與監督員負責制，除了建設過程中記錄必要狀況資料以外，於開始使用前要進行初期檢測。使用過程中，當檢測員判定橋梁損傷為 A、B 及 OK 等情形時，需向監督員報告結果；若為顯著損傷的 AA，或者發現第三者等可能受害需要判斷為 E 時，或判定區分落在 AA 與 A 之間難以判斷者，應迅速向監督員報告，由包含監督員、副監督員、主任助理監督員、助理監督員等多數人召開會議，以進行損傷、變形狀況的判定，並決定對應的處置方法。而且，在判定會議中，判定為 AA・E 時，現場應採取緊急對應措施。在休假日、節慶日等，不可能由多數人員召開判定會議時，得以電話等代替不足人數。



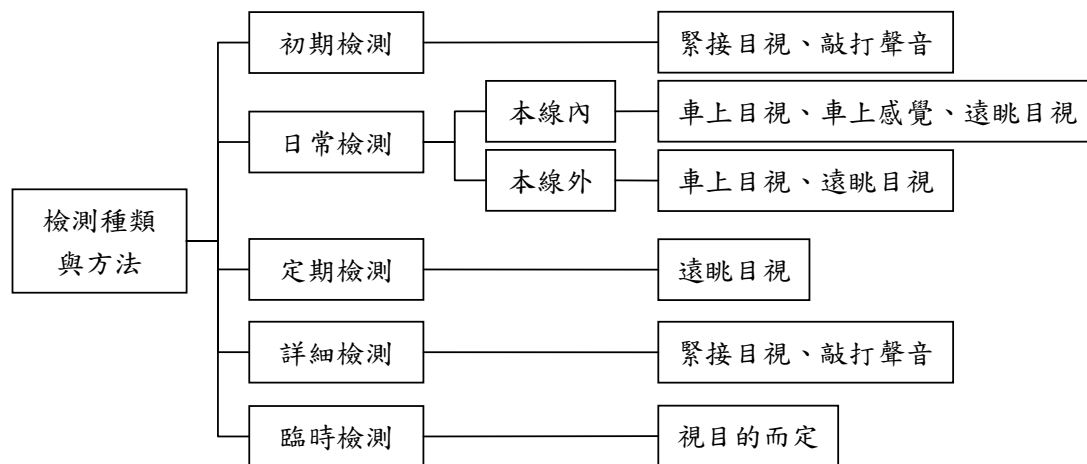
資料來源：參考文獻<sup>[21]</sup>。

圖 2.6 日本橋梁檢測作業的流程

## 檢測方法

不同的檢測等級所對應的檢測方法如圖 2.7 所示，方法說明如下：

1. 車上目視：從車上以目視或車上感覺實施檢測的方法。
2. 遠眺目視：從遠方以徒步實施目視檢測的方法。
3. 近距目視：從檢查路或手腳架上接近結構物的目視檢測方法。若有需要，應使用簡易的機械、器具等實施檢測。
4. 敲打聲音：以鎚敲打目標結構物出聲，以掌握結構物狀況(拱起、剝離、螺栓鬆弛等)的檢測方法。



資料來源：參考文獻<sup>[21]</sup>。

圖 2.7 日本橋梁不同檢測等級對應之檢測方法

## 檢測報告

橋梁檢測的判定和結果必須依照所規定的格式提出報告。檢測報告格式都包含在 JH 的「道路構造物点檢要領(案)」<sup>[21]</sup>中，其中適用定期檢測與臨時檢測的空白報告書如表 2-18 所示，所記載資料包括檢測時間、橋梁編號、檢測單位與人員、橋梁位置圖、橫斷面圖或剖面圖、檢測狀況草圖及照片、狀況概要描述、檢測項目狀況判定(表 2-17)及對策處理方式。另外，國土交通省的「橋梁定期点檢要領(案)」<sup>[23]</sup>也提供

檢測報告書格式作為參考，如表 2-19 至表 2-29 所示，記載資料包括橋梁資料基本資料(含橋梁基本資料、交通流量與活載重資訊)及綜合檢測報告、橋梁全體圖及逐跨一般圖(平面、側面及斷面圖)、現地狀況照片、要素編號圖與部件編號圖、損傷記錄圖(損傷部位依要素編號圖與部件編號圖標示，並需註記損傷部位之照片編號)、損傷照片、損傷評估記錄(區分主要部件與主要部件以外)、損傷評估結果總結及評估結果對策(區分主要部件與主要部件以外)。

表 2-18 日本橋梁定期檢測、臨時檢測報告書

工程處名稱		定期檢測、臨時檢測報告書	段長	副段長		檢測員
工務段名稱						
道路名稱						

年度	整理編號 (月)(日)No.	處理 方針	(1) 應急處理 (4) 調查 (2) 緊急處理 (5) 觀察 (3) 臨時檢測 (6) 修補	區 間		上下行	位置	檢 測 員	道 路		
				IC ~	IC				上・下	檢測項目	判定
位 置 圖			狀況的草圖及照片  ↓ 依橋梁損傷情形，記載 $\Delta\Delta$ 、 $\Delta$ 、B 及 OK，若可能造成交通安全障礙或第三者受害等，需另加註符號 E 標示。								
橫斷圖或剖面圖											
狀況概要											

資料來源：參考文獻<sup>[21]</sup>。

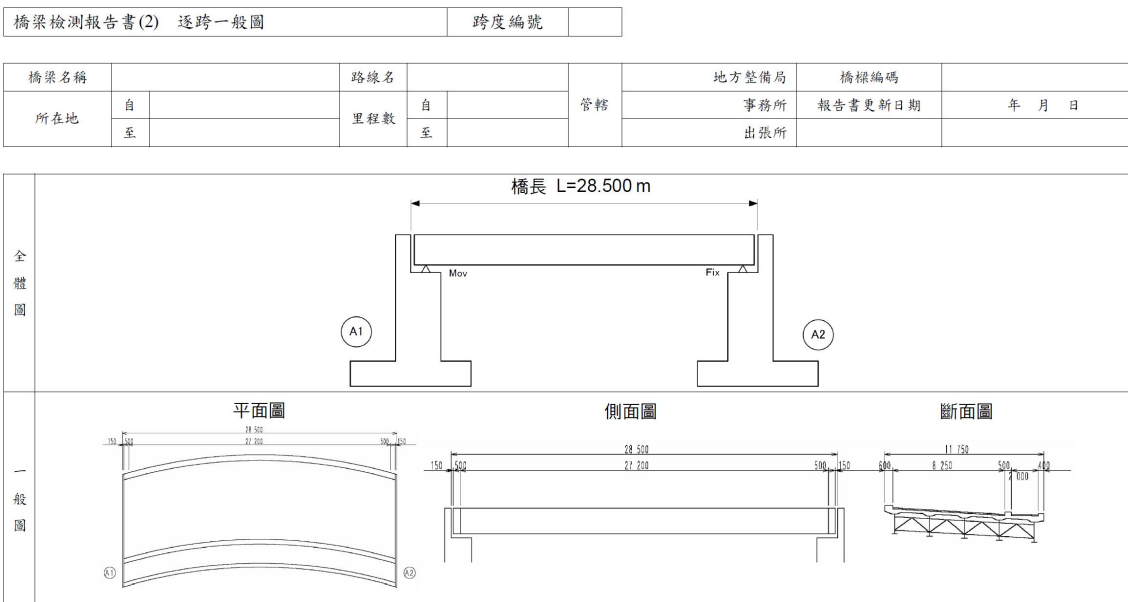


表 2-19 日本橋梁定期檢測報告書(1)

橋梁檢測報告書(1) 橋樑的各種因素和綜合檢測結果														
橋梁名稱		路線名		管轄	地方整備局		橋樑編碼							
所在地	自	里程數	自		事務所	報告書更新日期	出張所	年 月 日						
	至		至											
供用開始日	橋長	活載重・等級		等橋		適用示方書					調查年			
上部構造形式		寬度	全寬度	地覆寬	人行道寬	車道寬・車線	車道寬・車線	人行道寬	地覆寬	中央帶	中央分隔帶	交通條件	交通量	台
			有效寬度										大型車混合率	%
下部構造形式		備註												
基礎形式														
綜合檢查結果														

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-20 日本橋梁定期檢測報告書(2)



資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-21 日本橋梁定期檢測報告書(3)

橋梁檢測報告書(3) 現地狀況照片				跨度編號					
橋梁名稱			路線名			地方整備局	橋樑編碼		
所在地	自		里程數	自		管轄	事務所	報告書更新日期	年 月 日
	至			至			出張所		

現 地 狀 況 照 片	照片編號		攝影年月日		照片編號		攝影年月日		
	跨度編號		註記		跨度編號		註記		
	照片說明				照片說明				
	照片編號		攝影年月日		照片編號		攝影年月日		
	跨度編號		註記		跨度編號		註記		
照片說明				照片說明					

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-22 日本橋梁定期檢測報告書(4)

橋梁檢測報告書(4) 要素編號圖與部件編號圖				跨度編號					
橋梁名稱			路線名			地方整備局	橋樑編碼		
所在地	自		里程數	自		管轄	事務所	報告書更新日期	年 月 日
	至			至			出張所		

要 素 編 號 圖 與 部 件 編 號 圖	部件代碼	⇨	例: 橋柱(P); 橋台(A)
	部件編號	⇨	例: P01, P02...; A01, A02,...
	要素編號	⇨	例:(構架式橋墩)P0101, P0102, P0103...

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-23 日本橋梁定期檢測報告書(5)

橋梁檢測報告書(5) 損傷圖				跨度編號			
橋梁名稱			路線名			管轄	
所在地	自		里程數	自		地方整備局	
	至			至		事務所	橋樑編碼
						報告書更新日期	年 月 日
						出張所	
損傷圖							

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-24 日本橋梁定期檢測報告書(6)

橋梁檢測報告書(6) 損傷照片				跨度編號								
橋梁名稱			路線名			管轄						
所在地	自		里程數	自		地方整備局						
	至			至		事務所	橋樑編碼					
						報告書更新日期	年 月 日					
						出張所						
損傷照片	照片編號		跨度編號		攝影年月日		照片編號		跨度編號		攝影年月日	
	部件名稱		要素編號		註記		部件名稱		要素編號		註記	
	損傷種類		損傷程度				損傷種類		損傷程度			
	照片編號		跨度編號		攝影年月日		照片編號		跨度編號		攝影年月日	
	部件名稱		要素編號		註記		部件名稱		要素編號		註記	
	損傷種類		損傷程度				損傷種類		損傷程度			

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-25 日本橋梁定期檢測報告書(7)

橋梁檢測報告書(7) 損傷評估記錄表(主要部件)				跨度編號						
橋梁名稱		路線名		管轄	地方整備局	橋樑編碼				
所在地	自	里數	自		事務所	報告書更新日期	年 月 日			
	至		至		出張所					
工種	材料	部件類別			損傷程度			損傷模式	損傷種類	分類
		名稱	記號	要素編號	損傷程度評估	損傷定量值	單位			

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-26 日本橋梁定期檢測報告書(8)

橋梁檢測報告書(8) 損傷評估記錄表(主要部件以外)				跨度編號						
橋梁名稱		路線名		管轄	地方整備局	橋樑編碼				
所在地	自	里數	自		事務所	報告書更新日期	年 月 日			
	至		至		出張所					
工種	材料	部件類別			損傷程度			損傷模式	損傷種類	分類
		名稱	記號	要素編號	損傷程度評估	損傷定量值	單位			

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-27 日本橋梁定期檢測報告書(9)

橋梁檢測報告書(9) 損傷評估結果總結					跨度編號					
橋梁名稱		路線名			管轄		地方整備局		橋樑編碼	
所在地		里程數			管轄		事務所		報告書更新日期	
自		自			管轄		出張所		年 月 日	
至		至			管轄		出張所		年 月 日	

工種	材料	部件類別			今回定期檢測	檢測日期	年 月 日		前回定期檢測	檢測日期	年 月 日	
		名稱	記號	要素編號	損傷種類(程度)			損傷種類(程度)				

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-28 日本橋梁定期檢測報告書(10)

橋梁檢測報告書(10) 評估結果的對策區分(主要部件)										跨度編號			
橋梁名稱		路線名			管轄		地方整備局		橋樑編碼				
所在地		里程數			管轄		事務所		報告書更新日期		年 月 日		
自		自			管轄		出張所		報告書更新日期		年 月 日		
至		至			管轄		出張所		報告書更新日期		年 月 日		

工種	材料	部件類別			損傷程度		對策區分						檢查結果		所見	
							修復等必要性		對應維持工作必要性	緊急對策必要性		詳細調查必要性		原因		
		名稱	記號	要素編號	最大	最小	區分 B 損傷	區分 C 損傷更新	區分 M 損傷	區分 E1 損傷更新	區分 E2 損傷	區分 S 損傷	確定	推定		

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

表 2-29 日本橋梁定期檢測報告書(11)

橋梁檢測報告書(11) 評估結果的對策區分 (橋梁檢測報告書(10)記載以外的損傷)				跨度編號								
橋梁名稱				路線名				地方整備局		橋樑編碼		
所在地	自			里程數	自			事務所		報告書更新日期		年 月 日
	至				至			出張所				

工 種	材 料	部件類別			損傷程度		對策區分						檢查結果	
		名稱	記號	要素編號	最大	最小	修復等必要性		對應維持工 作必要性	緊急對策必要性		詳細調查 必要性		
							區分 B 損傷	區分 C 損傷		區分 M 損傷	區分 E1 損傷		區分 E2 損傷	區分 S 損傷

資料來源：參考文獻<sup>[23]</sup>。

### 2.1.2 國內資料

國內一直努力制定符合本國橋梁特性、設計方式及地理環境之一套準確、合適、便利的橋梁檢測制度與方法，並在 89 年建立臺灣地區橋梁管理資訊系統。本節將列舉公路與鐵路橋梁相關檢測規範或手冊，制度面相關規定之詳細內容將於第五章詳細說明與比較；亦說明國內橋梁檢測評等之評估方法，其對應表格等將於第六章呈現，而目視檢測後相關狀況或功能指標之計算、性能初步評估、破壞性與非破壞性檢測、性能詳細評估等將彙整於第 2.2 節研究報告；另外國內橋梁維護管理作業評鑑方式對橋梁檢測之落實也非常重要，本節一併節錄說明。

#### 2.1.2.1 公路橋梁

國內公路橋梁係以公路養護手冊<sup>[25]</sup>為主，本手冊屬於公路單位檢測方面的上位規範，其內容涵蓋路基、邊坡、鋪面、橋梁、隧道、排水設施、交通安全設施、交控及通信設施、沿線路權內附屬設施、景

觀及植生、養路車輛機械等各項養護工作，橋梁檢測為其中的一部分，而各項養護工作皆分別說明其應辦理巡查之方式、頻率、巡查時應檢查之項目、注意事項與各類參考表格，以及相應之處理方式、維護方法等，期能供公路養護人員有所依循。表 2-30 列舉公路橋梁相關的檢測規範與手冊。

表 2-30 公路橋梁檢測規範與手冊

規範手冊名稱	檢測評估方法	採用單位	年份(民國)	制定或頒布單位
公路養護手冊	D.E.R.&U	通用	92	交通技術標準規範公路類公路工程局
橋梁安全維護檢測手冊(草案)		通用	91	國立中央大學
橋梁目視檢測評估手冊(草案)		通用	99	國立中央大學
公路橋梁安全檢查手冊		公路總局	72	臺灣省公路局養路處
公路橋梁一般目視檢測手冊		高公局	84	昭凌工程顧問有限公司
高速公路養護手冊		高公局	100	高公局
公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	D.E.R.&U. 並參考 A.B.C.D.N.的劣化等級	通用	97	交通技術標準規範公路類公路工程局

### 2.1.2.2 鐵路橋梁

國內現行鐵路橋之檢測評估作業，係以臺灣鐵路管理局的「橋梁檢查與評估手冊」<sup>[26]</sup>為主，該手冊係以日本財團法人鐵道綜合技術研究所出版之「建造物保守管理的標準、同解說－鋼構造物」為參考依據，但未將相關安全評估或特殊檢測項目及方法予以探討說明。為使工程人員在從事鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強工作時能有較為客觀之標準可供依循，交通部高速鐵路工程局於民國 91 年 9 月委託財團法人

臺灣營建研究院，辦理「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範草案」之研究工作，並於民國 92 年 9 月完成規範草案，正式規範已於 99 月 12 月頒佈。

由於鐵路檢測規範草案主要採 A.B.C.D.N.系統進行檢測評估，與現行公路版本所使用之 D.E.R.&U.系統不同，鐵路檢測規範草案之檢測評估表及評估結果與現行「臺灣地區橋梁管理資訊系統」不易接軌，對於鋼橋養護、維修紀錄之保存將造成困難，為使工程界對於規範之使用具有一致性標準，交通部乃委託中華民國結構工程學會，邀集對鐵路鋼結構橋梁檢測與評估補強工作具專長之學者與專家，組成審查委員會進行複審作業。推動將鐵路檢測規範草案之架構調整與現行公路版本趨於一致，因此亦以 D.E.R.&U.為主要評估法，而劣化等級則參考 A.B.C.D.N.的方式辦理，成為目前最新的「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」<sup>[27]</sup>。

### 2.1.2.3 D.E.R.&U.評估法及 A.B.C.D.N.評估法

#### 1. D.E.R.&U.評估法

D.E.R.&U.(Degree、Extent、Relevancy and Urgency)評估法為昭凌顧問工程公司與南非 CSIR 公司所共同發展之橋梁目視檢測評估法，一開始是為了高公局開發橋梁管理系統時所制定之目視檢測評估準則，現已被「臺灣地區橋梁管理資訊系統」所採用，使用之機關有高公局、公路總局、鐵路局以及各縣市政府，交通部頒布之公路養護手冊中亦是採用 D.E.R.&U.目視檢測評估法。

D.E.R.&U.評估法係對每一個檢測項目依「劣化程度(Degree)」、「劣化範圍(Extent)」以及劣化情形或現象對橋梁安全性與服務性的「影響度(Relevancy)」，分別給予 0~4 之評分，再針對該劣化構件需維修之「急迫性(Urgency)」加以評定。評估準則如表 2-31 所示。



表 2-31 D.E.R.&U.評估準則

	0	1	2	3	4
程度(D)	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損害
範圍(E)	無法檢測	< 10%	< 30%	< 60%	<
重要性(R)	無法判定重要性	微	小	中	大
急迫性(U)	無法判定急迫性	例行維護	3 年內	1 年內	緊急維修處理

D.E.R.&U.評估法將一般橋梁分為 21 項檢測項目，其中第 1 到第 11 項為一般檢測項目，即橋梁全面性之宏觀檢測，第 12 至 20 項為逐跨檢測項目，第 21 項則為其他。檢測項目如表 2-32 所示。

D.E.R.&U.評估法只適用於一般梁式混凝土橋，對於特殊形式橋梁無法完全適用，因此，又有後續研究針對斜張橋、拱橋、 $\pi$  型橋訂定適合之 D.E.R.&U.檢測項目。斜張橋結構特性複雜與一般橋梁最大不同之處在於多了特有之結構構件：橋塔、鋼纜及其兩端錨定的部份<sup>[28]</sup>，因此構件分類方式於 21 項檢測構件中增加斜張橋特有之構件橋塔及斜張鋼纜，構成斜張橋共 23 項構件，其構件數如表 2-33 所示。

表 2-32 D.E.R.&U.評估法檢測項目(一般橋梁)

(1)引道路堤	(8)摩擦層	(15)支承/支承墊
(2)引道護欄	(9)橋面排水設施	(16)止震塊/拉桿
(3)河道	(10)緣石及人行道	(17)伸縮縫
(4)引道護坡-保護措施	(11)欄杆及護牆	(18)主構件(大梁)
(5)橋台基礎	(12)橋墩保護設施	(19)副構件(橫隔梁)
(6)橋台	(13)橋墩基礎	(20)橋面版/鉸接版
(7)翼牆/擋土牆	(14)橋墩墩體/帽梁	(21)其他

表 2-33 D.E.R.&U.評估法檢測項目(斜張橋)

(1)引道路堤	(9)橋面排水設施	(17)伸縮縫
(2)引道護欄	(10)緣石及人行道	(18)橋塔(含錨定)
(3)河道	(11)欄杆及護牆	(19)主構件(大梁)
(4)引道護坡-保護措施	(12)橋墩保護設施	(20)副構件(橫隔梁)
(5)橋台基礎	(13)橋墩基礎	(21)橋面版/鉸接版
(6)橋台	(14)橋墩墩體/帽梁	(22)鋼纜系統
(7)翼牆/擋土牆	(15)支承/支承墊	(23)其他
(8)摩擦層	(16)止震塊/拉桿	

拱橋構件與一般橋梁構件差異在拱橋多了主要承受載重的「拱圈」構件，及避免拱圈變形用來連繫兩拱圈的「橫桿」，和將拱橋自重(靜態負荷)與車輛(動態負荷)等重量，傳遞到拱圈上的「吊材」或「立柱」，增加此三種構件加上一般橋梁的 21 項構件，構成拱橋共 24 項構件，其拱橋檢測構件如表 2-34 所示。 $\pi$ 型橋構件橋與一般橋梁構件差別只在於前者橋墩為斜立式，後者為直立式。因而 $\pi$ 型橋整體構件就僅將一般橋梁構件中第 14 項「橋墩墩體」改名為「斜撐橋墩」作為 $\pi$ 型橋檢測時整體構件。 $\pi$ 型橋整體檢測構件如表 2-35 所示。

表 2-34 D.E.R.&U.評估法檢測項目(拱橋)

(1)引道路堤	(9)橋面排水設施	(17)伸縮縫
(2)引道護欄	(10)緣石及人行道	(18)主構件(大梁)
(3)河道	(11)欄杆及護牆	(19)副構件(橫隔梁)
(4)引道護坡-保護措施	(12)橋墩保護設施	(20)橋面版/鉸接版
(5)橋台基礎	(13)橋墩基礎	(21)拱圈
(6)橋台	(14)橋墩墩體/帽梁	(22)橫桿
(7)翼牆/擋土牆	(15)支承/支承墊	(23)吊桿/立柱
(8)摩擦層	(16)止震塊/拉桿	(24)其他

表 2-35 D.E.R.&U.評估法檢測項目(π型橋)

(1)引道路堤	(8)摩擦層	(15)支承/支承墊
(2)引道護欄	(9)橋面排水設施	(16)止震塊/拉桿
(3)河道	(10)緣石及人行道	(17)伸縮縫
(4)引道護坡-保護措施	(11)欄杆及護牆	(18)主構件(大梁)
(5)橋台基礎	(12)橋墩保護設施	(19)副構件(橫隔梁)
(6)橋台	(13)橋墩基礎	(20)橋面版/鉸接版
(7)翼牆/擋土牆	(14)斜撐橋墩/帽梁	(21)其他

## 2. A.B.C.D.N.評估法

A.B.C.D.N.評估法為中華顧問工程司於民國 84 年為當時臺灣省政府住宅及都市發展局及鐵路管理局所發展之橋梁目視檢測評估法。如表 2-36 所示，該評估法將橋梁結構物分為：橋面板構件、上部結構、橋墩、基礎及土壤、橋台及引道、支承、伸縮縫及其他附屬設施等 8 大類別，每一類再分為數個檢查對象，每一檢查對象再往下細分為數個檢查項目。

表 2-36 A.B.C.D.N.評估法檢測項目

檢查之結構分類	檢查對象
A.橋面板構件	1.磨耗層 2.緣石 3.人行道 4.中央分隔島 5.胸牆 6.欄杆 7.橋面沉陷
B.上部結構	1.橋面板結構 2.主結構 3.副結構
C.橋墩	1.帽梁 2.墩柱
D.基礎及土壤	1.基礎 2.河道沖刷、侵蝕、沉陷 3.地形斜坡 4.土壤液化 5.保護設施
E.橋台及引道	1.橋台 2.背牆 3.翼牆 4.引道 5.保護設施
F.支承	1.支承及其周邊 2.阻尼裝置 3.防止落橋措施
G.伸縮縫	1.伸縮縫裝置
H.其他附屬設施	1.標誌、標線 2.標誌架及照明設施 3.隔音牆 4.維修走道 5.排水設施 6.其他設施

A.B.C.D.N.評估法將損傷分為 A~D 四級，如表 2-37 所示，若無此項目或無法判斷結構物之損傷狀況時則判定為「N」，另外，當無法判斷時需加以說明；若為上述以外之場合則記錄為「OK」。檢查對象之劣化評等標準如表 2-38。

表 2-37 A.B.C.D.N.評估準則

判定等級	狀況
A	損傷輕微，需作重點檢查。
B	有損傷，需進行監視，必要時視狀況補修。
C	損傷顯著，變形持續進行，功能可能降低，必須加以補修。
D	損傷顯著，有重大變形及結構物功能降低，為確保交通之安全順暢，或避免對第三者造成障礙，必須採取緊急修補。
N	無此項目或無法判斷結構物之損傷狀況。
OK	上述以外之場合。

表 2-38 A.B.C.D.N.評等法結構物劣化之評等標準表

項目	A	B	C	D
裂縫	雙向裂縫 裂縫寬度大於 0.1 mm，且間隔大於 60 cm。	(1)裂縫寬度大於 0.1 mm，且隔 40~60 cm 間。 (2)裂縫寬度小於 0.2 mm，且集中或呈龜甲狀。	(1)裂縫寬度大於 0.1 mm，且間隔小於 40 cm。 (2)裂縫寬度大於 0.2 mm，且集中或呈龜甲狀。	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落，可能造成第三者之障礙。
	單向裂縫 裂縫寬度介於 0.1~0.2 mm，且間隔大於 100 mm。	(1)裂縫寬度大於 0.2 mm，且間隔 50~100 cm 間。 (2)裂縫寬度介於 0.1~0.2 mm，且集中。	(1)裂縫寬度大於 0.2 mm，且間隔小於 50 cm。 (2)裂縫寬度大於 0.2 mm，且集中。	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落，可能造成第三者之障礙。
剝落	剝離面積小於 0.1 m <sup>2</sup> 。	(1)剝離面積介於 0.1~0.3 m <sup>2</sup> 。 (2)小塊剝落(直徑小於 50 cm)。	(1)剝離面積大於 0.3 m <sup>2</sup> 。 (2)大塊剝落(直徑大於 50 cm)。	剝落或持續性剝落，可能造成第三者之障礙。

項目	A	B	C	D
蜂窩	局部有蜂窩。	面積小於 0.2 m <sup>2</sup> 之蜂窩。	面積大於 0.2 m <sup>2</sup> 之蜂窩。	—
空洞	(1) 稍有不良聲音。 (2) 局部有空洞。	(1) 面積小於 0.2 m <sup>2</sup> 之空洞。 (2) 主構件局部有明顯之空洞。	面積大於 0.2 m <sup>2</sup> 之空洞。	—
彎曲、變形	—	—	—	變形量大於規範之容許值。
鋼筋、鋼鍵或錨錠部位外露、銹蝕	—	主筋外露長度小於 30 cm。	(1) 主筋外露長度 30~50 cm，或主筋局部外露、銹蝕。 (2) P.C 鋼材局部外露。	(1) 主筋外露長度大於 50 cm，或主筋銹蝕。 (2) PC 鋼材外露 50 cm 以上或 PC 錨錠部位外露。
滲水及游離石灰、銹水流出	少量滲水及游離石灰。	(1) 滲水及游離石灰、銹水流出面積小於 0.3 m <sup>2</sup> (2) 游離石灰單向發生。	(1) 滲水及游離石灰、銹水流出面積大於 0.3 m <sup>2</sup> (2) 游離石灰雙向發生，間隔 50 cm 以下。	滲水並造成第三者之障礙。
基礎入土深度	—	達原設計 4/5 以上。	原設計 4/5~2/3。	在 2/3 以下。
阻水面積比	低於 5%	介於 5~10%	高於 10%	—
橋墩方向與河川流向角度	低於 5° 以下	介於 5~10°	介於 15~30°	大於 30°
異常聲音、異常振動	—	有異常之聲音發生。	主構件有搖晃情形，於橋面站立時感覺有異常振動，或因車輛之衝擊有大的異常聲音發生。	—
其他損傷	—	—	(1) 端隔梁浮起。 (2) 橋面版間隙顯著不良。	—

#### 2.1.2.4 橋梁維護管理作業評鑑

##### 1. 源起

為落實橋梁管理系統之操作及運用，交通部於 93 年 2 月 6 日指示運輸研究所對各橋梁管理單位使用該系統情形及橋梁維護管理作業，並於年度結束後將評鑑結果提報交通部。鑑辦方法由運輸研究所草擬，並邀各管理單位開會研商確認後公布。93 年度因首次評鑑且評鑑辦法發佈較遲，故評鑑結果僅供參考，不做為獎懲或公佈之依據。94 年度起每年由交通部發佈新聞稿公布評鑑結果。

##### 2. 評鑑要點

交通部為建立臺灣地區橋梁維護管理制度並落實執行，以確保橋梁結構穩定，延長橋梁壽命，維護用路人安全，特別訂定「臺灣地區橋梁維護管理作業評鑑實施要點」(交通部 95 年 12 月 4 日交路(一)字第 09500117251 號函頒佈)。該要點明訂評鑑目的、定義、對象、評鑑項目、標準、配分方式、執行單位、期程、獎勵方式及發佈與修正方式等，作為辦理評鑑作業之正式依據，說明如下：

###### (1) 定義

該要點所稱橋梁維護管理作業，包括橋梁之基本資料建立、檢測、維修、維護管理人員之教育訓練、維護管理制度、臺灣地區橋梁管理資訊系統運用及相關資料之更新等。

###### (2) 對象

交通部臺灣區國道高速公路局、公路總局、臺灣鐵路管理局所屬之工務段，及各直轄市、縣(市)政府。

###### (3) 項目、標準及配分方式

由交通部運輸研究所、內政部營建署、各直轄市、縣(市)政府、交通部路政司、臺灣區國道高速公路局、公路總局及臺

灣鐵路管理局等商訂之，並視執行成效及維護管理重點調整變更之。基於交通部所屬機關之工務段與各直轄市、縣(市)政府組織、人力及資源差異，分為兩部分訂立評鑑項目、標準及配分方式，並分別排名。

#### (4) 執行單位

評鑑之執行及相關行政工作由內政部營建署、交通部路政公司及運輸研究所共同辦理。

#### (5) 期程

評鑑成績原則上於每年 12 月底由運輸研究所進行統計，並於次年 1 月底將評鑑結果提報交通部。

#### (6) 獎勵方式及發佈與修正方式

評鑑結果由交通部對外公布；交通部所屬機關之工務段取前三名，由交通部頒發獎座表揚。各直轄市、縣(市)政府之成績除作為相關經費補助分配之依據外，達一定標準者，由交通部擇優頒發獎座表揚。該要點由交通部函發實施，修正亦同。

根據以上評鑑要點所述，交通部所屬機關(高速公路局、公路總局、臺灣鐵路管理局)之工務段與各直轄市、縣(市)政府因為組織、人力及資源差異，因此採用兩套評鑑標準實施辦理。一般而言，兩部分主要差異在於：

- (1) 對交通部所屬機關對要求較嚴格，要求以「構件」為評鑑單位；縣(市)政府要寬鬆，要求以「橋梁」為評鑑單位。
- (2) 檢測頻率對交通部所屬機關要求為 1 年 1 次；縣(市)政府為 2 年 1 次。

交通部所屬機關及縣市政府之評鑑內容其實會逐年視情況而修訂，97 年度評鑑項目與配分規定檢附於「附錄一 橋梁維護管理作業評

鑑方式」。由於交通部所屬機關向運輸研究所反映各單位組織、人力及資源差異，難以置於同一平台上評鑑。橋梁維管作業評鑑非常重要且任務艱鉅，運輸研究所也有鑑於人力不足，無法確認各橋梁管理單位所填寫資料的正確性，及無法現地查核部屬機關與縣市政府所管轄之所有橋梁情況，於98年度起，交通部屬機關的橋梁維護管理作業評鑑改交由各部屬機關自行辦理，運輸研究所只辦理縣(市)政府的橋梁評鑑，100年度縣(市)政府的評鑑項目同時檢附於「附錄一 橋梁維護管理作業評鑑方式」<sup>[29]</sup>。

## 2.2 橋梁檢測相關研究報告

國外檢測相關技術已落實於檢測規範與手冊(第2.1節)，所以，第2.2.1節僅概略說明其它相關方法。第2.2.2節則以介紹國內橋檢制度與技術之相關研究為主，為提出橋檢與後續相關工作如詳細評估之整合實施建議，另補充非破壞性檢測、破壞性檢測、性能詳細評估、健康監測、生命週期維護管理等資料。

### 2.2.1 國外資料

日本混凝土學會(Japan Concrete Institute, JCI)提出的混凝土檢測技術研究報告<sup>[30]</sup>，該報告彙整日本的混凝土檢測技術，並提出構造物的現狀或劣化過程分類方式，也對混凝土結構鋼筋腐蝕量提經驗公式，而經驗公式之使用透過累積長期的檢測資料，再經不斷的修正來減少預測誤差。

Lin與Sansalone之研究<sup>[31]</sup>係以敲擊回音法(Impact-Echo method)進行橋梁健康狀態的高級檢測(即使用各種儀器或方法，確認目視檢測的結果或疑問，並進一步建立診斷分析資料)，談及測量混凝土結構的衝擊回聲反應取決於混凝土周圍的材料的性質與狀況，並當混凝土結構中出現空隙(充滿空氣或水)提出有效的辨識方法，該研究也列舉許多其它檢測方法及儀器。



Bakht and Jaeger 的研究報告<sup>[32]</sup>係利用橋梁檢監測實驗數據，強調橋梁荷載評估的重要性。該研究根據加拿大 Ontario 的高速公路的現地實驗經驗，列出在橋梁實驗時可能遭遇令人出乎意料的情形，且這些情況會對橋梁的荷載能力可能有重大的影響。尤其是某些情況，橋梁的真實荷載量會有所錯估。在這類情況下，現地試驗為評估橋梁現存狀況的最直接且有效的方法。

英國高速公路研究報告<sup>[33]</sup>透過橋梁檢測實驗，探討腐蝕性對橋梁的影響。報告中指出在法國曾發現一些應力腐蝕會造成的鋼鍵脆裂的情況，但根據調查顯示，只有含銅量超過 0.1% 的脆火熱軋鋼絞索才有此情況；英國的調查也有電化腐蝕的例子，其預力鋼鍵附近的灰泥漿含有高量氯離子，但只有在無灰泥漿或蜂窩處才會因氯離子導致嚴重腐蝕。

由於現場混凝土橋梁的實際裂縫是各種影響因子的綜合，這些因素交互影響下，使混凝土裂縫深度不易判讀，有些為表面裂縫，有些為內部裂縫，有些短期內對結構體的整體承載力尚無影響，有些卻是立即危險的徵兆。ASTM C 1383<sup>[34]</sup>因此提出表面裂縫深度的檢測論述，也訂定應力波檢測技術的標準檢測方法，以有效檢測混凝土裂縫深度，並做為橋梁安全的示警指標。其主要做法為在混凝土裂縫兩邊各配置一個接收器(transducer)，用表面波速資料替代內部波速以檢測裂縫。其中，兩探頭間距定為 30cm，主要原因是考慮波傳遞的能量衰減及走時(arrival time)的最適搭配，用以提升精度，而以表面 P 波替代內部 P 波的主要原因是檢測物的另一側無法放置儀器。

Florida Department of Transportation Central Structures Office<sup>[35]</sup>係針對混凝土非破壞試驗(Nondestructive Test, NDT)方法進行相關研究，包括超音波(Ultrasonic method)、敲擊回音(Impact Echo Method)、內視鏡(Endoscope)、脈衝雷達(Impulse Radar)、X-ray 缺陷影像等，並探討各種方法之其優點及適用性。

由於混凝土的裂縫非常的不規則，對於舊橋，其裂尖有時無法以目測研判。Cheng and Sansalone<sup>[36]</sup>及 Lin and Su<sup>[37]</sup>分別提出以敲擊回音法及應力波方法檢測混凝土裂縫。但由於裂縫大於 0.025mm 以上時應力波會快速減緩，在當大於 0.08mm 的裂痕時應力波就無法穿透，兩者方法均受限。

Gupta 等人<sup>[38]</sup>於 1994 年提出預力混凝土橋梁診斷系統，該系統之建立採用物件導向程式，系統運作時透過不同物件知識庫訊息之傳遞以互為參考之用，並藉由系統對橋梁劣化情形之描述，由使用者選擇其所屬劣化類型後並建議相關維護措施。

Brito 等人<sup>[39]</sup>於 1994 年提出「Bridge-1」混凝土橋梁檢測系統，適用於橋梁定期檢測，系統內建橋梁基本資料以及橋梁檢測專家知識庫，使用者於檢測橋梁之構件時，系統會顯示該構件可能之劣化類型供使用者選擇，選擇完損壞類型後，系統會建議若干相關檢測法供使用者選擇，並列出可能造成該損壞之原因，最後選擇修復該損壞之急迫性與對橋梁結構安全、交通之影響程度。

## 2.2.2 國內資料

本節除了橋檢制度與評等方法、狀況或功能指標、橋梁重要度排序與性能初步評估以外，亦簡要彙整非破壞性檢測、破壞性檢測、性能詳細評估、維護與補強、健康監測、生命週期維護管理等資料，惟因本計畫聚焦橋梁目視檢測，這些主題內容亦有相關研究深入探討，所以，僅概略說明。

### 2.2.2.1 橋梁檢測制度與評等方法相關研究

徐耀賜<sup>[40]</sup>對公路橋梁之養護與維修的相關內容，諸如橋梁分類、荷重、災害、現況等進行詳細的介紹，也針對橋梁檢測(含目視檢測、非破壞性檢測及破壞性檢測)、橋梁評定與方法，及不同材質橋梁、橋梁不同組成部份(支承、橋面版、下部結構與基礎等)的養護與維修技術

加以介紹及探討。特別的是，書中除了詳細規範及敘說各種橋梁檢測規定及要領外，也附各種檢測工具之照片及橋梁劣化或損壞情形之圖說及表格，於橋梁檢測實務上相當具有實用價值。

交通部運輸研究所於九十一年度委託國立臺北科技大學執行「建立橋梁檢測制度方法及準則之研究(公路與道路橋梁)」<sup>[41]</sup>，研擬適合國內環境的橋梁檢測制度方法及準則，同時針對橋梁檢測人員訓練、檢測資格取得，研訂檢測人員培訓制度與簽證制度。整理該研究針對橋梁現況、人員培訓以及橋梁檢測簽證等透過 34 份有效問卷的調查結果如表 2-39~表 2-41 所示。

表 2-39 橋檢作業現況問卷調查結果

問題	統計項目及數據			
	橋檢作人員 有無編制	有 37%	無 60% (非專責編制，兼任制)	未作答 3%
執行人力 有多少	有 70% (多數1人，少數3人)	無 19%	未作答 11%	
橋長大於 6m 橋梁數量	<100 座 31%	100-500 座 51%	>500 座 10%	未作答 8%
	日常巡查 20%	定期巡查 30%	臨時或特殊巡查 38%	未作答 12%
橋檢執行方式	否 74%	是 18%	未作答 8%	
	高中以下 29%	大專以上 59%	未作答 12%	
橋檢人員 學經歷	有 21%	沒有 58%	未作答及不知道 21%	
	通過 43%	未通過 34%	未作答及不知道 23%	
橋檢人員 有無證照	通過 43%	未通過 34%	未作答及不知道 23%	
	通過 43%	未通過 34%	未作答及不知道 23%	

問題	統計項目及數據				
橋檢有無定期執行規定	有	否			未作答
	63%	26%			11%
橋檢有無相關作業規定	有	否			未作答或不知道
	34%	55%			11%
橋檢有無編列預算	有	否			未作答或不知道
	50%	42%			8%
橋檢人員有無資格限制	是	否			未作答
	5%	77%			18%
橋檢人員資歷	<5 年	5 年-10 年	10 年-20 年	>20 年	其他及未作答
	28%	20%	18%	10%	24%
一年平均橋檢數量	<50 座	50 座-200 座	200 座-500 座	>500 座	未作答及不清楚
	21%	47%	5%	6%	21%

資料來源：參考文獻<sup>[41]</sup>。

表 2-40 人員培訓問卷調查結果

問題	統計項目及數據			
是否贊成舉辦橋檢培訓課程	贊成		不贊成	
	97%		3%	
培訓課程辦理方式	主管機關授權大學校院開班		主管機關統一開班	
	55%		45%	
培訓課程是否要分類分級	贊成	不贊成		未作答
	87%	8%		5%
培訓課程期程	<1 週	1-2 週	>2 週	其它及沒意見
	60%	24%	13%	3%

資料來源：參考文獻<sup>[41]</sup>。

表 2-41 橋梁檢測人員簽證問卷調查結果

問題	統計項目及數據			
	簽證制度是否需要	需要 37%	不需要 0%	未作答 63%
橋檢辦理方式	自辦 28%	委辦 21%	未作答或其他 51%	
橋檢後有無查驗	有 18%	無 5%	未作答 77%	
有無制式查驗項目與規定	有 16%	無 21%	未作答 63%	
簽證制度應不應該賦予法律效力	應該 68%	不應該 8%	未作答 24%	
簽證制度困難點	資格認定及取得尚未制度化	簽證制度及規定未法制化	落實專業人員簽證不易	其它
	25%	21%	20%	34%
多少查驗數目具代表性	10%	10%~30%	>30%	未作答
	8%	3%	11%	78%
理想定檢頻率	1年	半年至1年	1-2年	未作答其它
	47%	24%	18%	11%
定檢評估方式	D.E.R.&U.	A.B.C.D.N.	其他或未作答	
	84%	0%	16%	
定檢方式	目視檢測	非破壞性檢測	其他或未作答	
	83%	5%	12%	
目視檢測自辦能力	有		無	
	32%		68%	
非破壞性檢測自辦能力	有		無	
	0%		100%	

資料來源：參考文獻<sup>[41]</sup>。

溫國維<sup>[42]</sup>對斜張橋建立一套目視檢測標準。此檢測標準以鋼筋混凝土橋之 D.E.R.&U.法為基礎，建立斜張橋構件的分類與檢測之標準，以初步判定斜張橋橋梁之狀況。

廖家禎<sup>[43]</sup>針對拱橋與  $\pi$  型橋建立一套目視檢測評估方法。此檢測評估方法以鋼筋混凝土橋之 D.E.R.&U.目視檢測標準為基礎，建立拱橋與  $\pi$  型橋的構件分類與檢測評估標準。首先定義出拱橋與  $\pi$  型橋類型，探討拱橋、 $\pi$  型橋與一般混凝土橋之構件不同處及各構件劣化類型，並訂定各構件之檢測評估標準，再依專家訪談與問卷之結果，訂定拱橋與  $\pi$  型橋各構件的權數，由此即可依目視檢測之結果計算出拱橋與  $\pi$  型橋之狀況指標值。

陳冠伶<sup>[44]</sup>為建立完整長橋之基本資料與目視檢測評估標準，先以長橋所面臨之資料完整性輸入問題做一初步探討，以整合歸納出合理之基本資料輸入模式。對於目視檢測評估標準與檢測結果之輸入，則藉由長橋檢測時所面臨問題之分析探討，訂出目視檢測「D.E.R.&U.法」之標準。最後，再依專家訪談結果，訂定長橋各構件之權重，進而由檢測結果計算出長橋之整體性狀況指標值(Overall Condition Index, OCI)。

交通部運輸研究所於九十九年度委託國立中央大學橋梁中心研擬「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」<sup>[28]</sup>，該研究以高公局民國 84 年訂定之「公路橋梁一般目視檢測手冊」為基礎，除重新檢討其內容、增補相關圖像外，並考量納入特殊橋梁、軌道橋梁構件之評估項目、準則，以擴大並確認手冊之適用範圍，其能成為國內車行橋梁進行目視檢測評估時之統一標準。

為確保「臺灣地區橋梁管理資訊系統」內資料之正確性及完整性為目的，其能藉檢核成果檢視管理系統之運作成效，並督促管理單位重視橋梁檢測品質及建立橋梁資料檢核機制，交通部運輸研究所於九十九年度委託國立中央大學執行「『臺灣地區橋梁管理資訊系統』資料檢核計畫」<sup>[45]</sup>，針對地方政府管養之橋梁進行隨機抽選及實地檢核，

期望了解該些橋梁登載資料之詳實情形，作為督促相關單位加強橋梁管理業務之依據。

楊振翰<sup>[46]</sup>透過問卷調查與專家訪談，探討「臺灣地區橋梁管理資訊系統」目前使用方式、系統功能之完整性，以及此系統與橋梁管理實務上之差異，進而提出相關模組的改善方式，以增進此系統之實用性。其中，維修資料模組極需重寫改善，以符合填寫實際維修紀錄之需要。而橋梁基本資訊欄位亦應再加檢討，以符合複雜程度不同橋梁之需求。此外，「臺灣地區橋梁管理資訊系統」之橋梁基本資料、檢測資料皆已累積至相當之數量，該研究藉由對系統內資料庫之統計、分析，找出臺灣地區橋梁之現況與使用維護上之特性，並提出積極有效之管理對策，以進一步提升臺灣地區橋梁維護管理成效。

#### 2.2.2.2 橋梁評估指標與橋梁排序

D.E.R.&U.目視檢測評估法提供數個評估指標，其中最常用也最為重要的為狀況指標(Condition Index, CI)以及優選指標(Priority Index, PI)，另外還有因特殊需求而建立的新 CI、新 PI、規範 PI、沖刷穩定指標(Scouring Stability Index, SSI)、結構安全指標(Structural Function Index, SFI)、耐震能力指標(Seismic Resistance Index, SRI)以及用路人安全指標(User Safety Index, USI)等，均係利用 D.E.R.&U.目視檢測評估資訊計算指標值。

除此之外，也有使用其他參數計算之評估指標，如用以表示功能降低性的功能指標(Functional Index, FI)、結合 PI 與 FI 之整體優選指標(Overall Priority Index, OPI)、用以表示橋梁危險程度的危險性指標(Critical State Index, CSI)、表示橋梁重要性之橋梁綜合重要性指標，及考量結構安全性、服務功能性、易損性等之橋梁綜合評估與優選排序指標(Sufficiency Rating, SR)。上述不論是表示橋梁本身能力或綜合能力的指標值，均可提供橋梁維護管理人員據以排定維護管理之優先順序，對具較高危險性及功能重要性之橋梁予以優先檢測或維修補強，以將有限之人力及經費充分有效運用。

以下將就上述各橋梁評估指標進行簡要說明。

### 1. 狀況指標, CI<sup>[29]</sup>

CI 利用目視檢測所得各構件之評估值及各構件相對於橋梁之重要性(權重), 計算橋梁之結構及使用狀況, 其計算方式如下:

$$CI = \frac{\sum_{i=1}^{21} Ic_i \times w_i}{\sum_{i=1}^{21} w_i} \dots\dots\dots (2.5)$$

其中,  $w_i$  為構件  $i$  相對於橋梁之權重, 如表 2-42 所示,  $Ic_i$  為構件  $i$  之狀況值, 計算方式如下式:

$$Ic_i = \frac{\sum_{j=1}^n Ic_{ij}}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

上式中,  $n$  為各構件之總數;  $Ic_{ij}$  為構件  $i$  之第  $j$  部份之狀況值, 計算方式如下:

$$Ic_{ij} = 100 - 100 \times \frac{D_{ij} \times E_{ij} \times R_{ij}^a}{4 \times 4 \times 4^a} \dots\dots\dots (2.7)$$

上式中,  $a$  為相關重要性參數, 通常取 1, 若欲強調構件重要性時可取 2, 目前於管理系統中並未對  $a$  值選定有較明確建議, 故一般仍以  $a=1$  計算。

表 2-42 CI 與 PI 指標之橋梁 21 構件權重表

編號	構件名稱	權重	編號	構件名稱	權重
01	引道路堤	3	12	橋墩保護措施	6
02	引道護欄	2	13	橋墩基礎	8
03	河道	5	14	橋墩墩體	7
04	引道護坡	3	15	支承/支承墊	5



編號	構件名稱	權重	編號	構件名稱	權重
05	橋台基礎	6	16	止震塊/拉桿	5
06	橋台	5	17	伸縮縫	6
07	翼牆/擋土牆	5	18	主構件(大梁)	8
08	磨擦層	3	19	副構件(橫隔梁)	6
09	橋面排水設施	4	20	橋面板	7
10	緣石及人行道	2	21	交通及照明設施	1
11	欄杆及護牆	3			

資料來源：參考文獻<sup>[29]</sup>。

## 2. 優選指標, PI<sup>[29]</sup>

PI 與 CI 計算之最大不同在於  $Ic_i$  值之取得方式，PI 是將橋梁各構件之  $Ic_{ij}$  值分組之後取最具代表性之  $Ic_{ij}$  再加以平均，以避免主要構件之分項在 D、E、R 值差異偏高時，無法由  $Ic_i$  顯示構件之劣化狀況。計算方式如下：

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^{21} Ic_i \times w_i}{\sum_{i=1}^{21} w_i} \dots\dots\dots (2.8)$$

$Ic_i$  之取法如下：

- (1) 先找出各檢測項目中構件  $Ic_{ij}$  之最小值，即  $Ic_{ij}(\min)$ 。
- (2) 若  $Ic_{ij}(\min)$  值小於 50，將小於 50 的  $Ic_{ij}$  值挑選出來平均，作為  $Ic_i$ 。
- (3) 若  $Ic_{ij}(\min)$  值介於 50 和 75 之間，將此範圍的  $Ic_{ij}$  值挑選出來平均，作為  $Ic_i$ 。
- (4) 若  $Ic_{ij}(\min)$  值介於 75 和 100 之間，將此範圍的  $Ic_{ij}$  值挑選出來平均，作為  $Ic_i$ 。

PI 與 CI 計算於新版管理系統中皆可取得相關數據，由以往的

統計分析結果，CI 值於長跨度橋梁中容易被稀釋，無法明確顯現單一跨度損傷嚴重情形，因此於新版管理系統中可提供 PI 值排序，較可能可以區分損傷嚴重橋跨。

### 3. 規範優選指標，規範 PI<sup>[47]</sup>

規範 PI 是依「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」<sup>[47]</sup>中所列之橋梁優選指標公式計算而得。規範 PI 目的在顯示該座橋梁中與結構安全項目有關之構件劣化狀況，其分數越低表示劣化越嚴重。規範 PI 計算公式類似於優選指標 PI，唯計算上僅取橋梁檢測項目中影響結構安全項目(即表 2-42 中編號第 5 項和第 6 項、第 12 項至第 16 項及第 18 至第 20 項)之  $Ic_i$  值，並經加權(表 2-42)計算而得，其計算公式如下：

$$\text{規範 PI} = \frac{\sum_{i=5}^6 (Ic_i \times w_i) + \sum_{i=12}^{16} (Ic_i \times w_i) + \sum_{i=18}^{20} (Ic_i \times w_i)}{\sum_{i=5}^6 w_i + \sum_{i=12}^{16} w_i + \sum_{i=18}^{20} w_i} \dots\dots\dots (2.9)$$

### 4. 新狀況指標與新優選指標，新 CI 與新 PI<sup>[29]</sup>

上述橋梁評估指標 CI 與 PI 係利用 21 項構件之狀況分數加權後所得，但當橋梁構件不足 21 項時，現有之構件權重並無法自動分配，造成 CI 及 PI 出現「基本分」之不合理現象。

新 CI 及新 PI 為改善橋梁構件不足 21 項之情況所提出，係透過橋梁構件重要性指數，如表 2-43 所示，僅將存在構件之重要性指數挑出，依存在之構件指數佔全部存在構件指數總和之比例，自動計算各構件之權重，再依原 CI 及 PI 之公式(式(2.5)與式(2.8))計算，得到新 CI 及新 PI。其中，當構件之評估項目出現 D=0 或 E=0，甚或 D、E、R 完全空白等情形視為不存在之構件，反之為存在之構件。需注意的是，新 CI 及新 PI 並沒有提供「其它」項目之重要性指數作為考量。

表 2-43 橋梁構件重要性指數

項次	構件名稱	重要性指數		
		橋長>100m	50m<橋長<100m	橋長<50m
1	引道路堤	1.855	1.855	1.855
2	引道護欄	1.351	1.351	1.351
3	河道	2.591	2.545	2.424
4	引道護坡	1.443	1.443	1.351
5	橋台基礎	3.608	3.487	3.487
6	橋台	3.441	3.441	3.441
7	翼牆/擋土牆	2.002	2.002	2.002
8	摩擦層	1.580	1.397	1.230
9	橋面排水設施	1.351	1.351	1.230
10	緣石及人行道	0.517	0.517	0.396
11	欄杆	1.351	1.351	1.351
12	橋墩保護措施	2.820	2.774	1.819
13	橋墩基礎	4.004	3.837	3.716
14	橋墩墩體/帽梁	3.837	3.837	3.670
15	支承/支承墊	2.790	2.790	2.185
16	止震塊/拉桿	2.332	2.378	1.727
17	伸縮縫	1.809	1.626	1.459
18	橋塔(含錨定)【吊橋】	4.004	3.883	N/A
19	橋塔(含錨定) 【斜張橋】	4.004	3.883	N/A
20	主構件(大梁)	3.837	3.716	3.670
21	次要構件(橫梁)	1.773	2.002	1.956
22	橋面版	3.232	3.065	3.065
23	主纜索【吊橋】	4.004	3.883	N/A
24	吊索【吊橋】	3.958	3.716	N/A
25	斜張鋼纜系統 【斜張橋】	4.004	3.883	N/A

項次	構件名稱	重要性指數		
		橋長>100m	50m<橋長<100m	橋長<50m
26	拱圈【拱橋】	4.004	3.837	N/A
27	橫桿【拱橋】	2.836	2.607	N/A
28	吊材/立柱【拱橋】	3.670	2.836	N/A
29	其他	N/A	N/A	N/A

資料來源：參考文獻<sup>[29]</sup>。

## 5. 沖刷穩定指標, SSI<sup>[28]</sup>

交通部運輸研究所於九十九年度委託國立中央大學橋梁中心研擬「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」<sup>[28]</sup>，針對橋梁狀況評估指標進行進一步進行專家問卷調查，並彙整現有「臺灣地區橋梁管理資訊系統」中所提供之資訊，重新探討沖刷穩定指標 SSI (Scouring Stability Index)，並以整數 0~100 代表橋梁對抗沖刷的能力，分數越高代表狀況越好。SSI 值設計之目的在於凸顯與沖刷有關構件之狀況，SSI 值之計算公式如下：

$$SSI = \frac{\sum_{i=1}^m Ic_i \times w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \dots\dots\dots (2.10)$$

其中， $Ic_i$  與  $Ic_{ij}$  之決定原則與 PI 相同，關於各構件權重  $w_i$  的計算方式，是以「臺灣地區橋梁管理資訊系統」中新 CI 及新 PI 的計算方式，即透過該橋梁構件重要性指數(表 2-43)，僅將 SSI 指標計算構件之重要性指數挑出，依存在之構件指數佔全部存在構件指數總和之比例，自動計算各構件之權重。需注意的是，上式只取與 SSI 指標相關的  $m$  個構件項目進行計算，項目個數  $m$  視不同橋型而定，以一般梁式橋為例，各指標計算之項目如表 2-44 所示，其它橋型計算之項目可參閱「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」<sup>[28]</sup>。

表 2-44 一般梁式橋各指標計算之項目[公路]

項次	構件名稱	CI	PI	SSI	SFI	SRI	USI
1	引道路堤	√	√				√
2	引道護欄	√	√				√
3	河道	√	√	√			
4	引道護坡	√	√				
5	橋台基礎	√	√	√	√	√	
6	橋台	√	√	√	√	√	
7	翼牆/擋土牆	√	√				
8	面層	√	√				√
9	橋面排水設施	√	√				√
10	緣石及人行道	√	√				√
11	欄杆及護牆	√	√				√
12	橋墩保護措施	√	√	√			
13	橋墩基礎	√	√	√	√	√	
14	橋墩墩體/帽梁	√	√	√	√	√	
15	支承/支承墊	√	√			√	
16	防震設施	√	√			√	
17	伸縮縫	√	√			√	√
18	主構件(大梁)	√	√		√	√	
19	次要構件(橫隔梁)	√	√		√	√	
20	橋面板	√	√				√
21	其他	√	√				

資料來源：參考文獻<sup>[28]</sup>。

## 6. 結構安全指標, SFI<sup>[28]</sup>

SFI 以整數 0~100 代表橋梁之主要結構是否安全，分數越高代表結構狀況越好。所選用之構件為與橋梁結構最直接相關的項目，著重在橋梁結構本身。SFI 值之計算公式如下：

$$SFI = \frac{\sum_{i=1}^m Ic_i \times w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \dots\dots\dots (2.11)$$

上式中，項目個數 m 視不同橋型而定，請參考表 2-44，Ic<sub>i</sub>、Ic<sub>ij</sub> 及各構件權重 w<sub>i</sub> 的計算方式與原則與 SSI 指標相同，在此不再贅述。

### 7. 耐震能力指標, SRI<sup>[28]</sup>

SRI 以整數 0~100 代表橋梁承受地震之能力，分數越高代表耐震能力越好。雖然橋梁耐震能力並非簡單用構件之狀況就能評估出來，但當部分構件發生劣化或損換，勢必會引響到橋梁之在地震中之穩定性，因此該指標擬選用與橋梁耐震有關之構件，即當該些構件有損壞時，會引響橋梁抵抗地震之能力。SRI 值之計算公式如下：

$$SRI = \frac{\sum_{i=1}^m Ic_i \times w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \dots\dots\dots (2.12)$$

上式中，項目個數 m 視不同橋型而定，請參考表 2-44，Ic<sub>i</sub>、Ic<sub>ij</sub> 及各構件權重 w<sub>i</sub> 的計算方式與原則與 SSI 指標相同，在此不再贅述。

### 8. 用路人安全指標, USI<sup>[28]</sup>

USI 以整數 0~100 代表車輛通過橋梁時是否舒適且安全，或行人、檢測人員行經橋梁之安全，分數越高代表服務功能越好。此指標選用直接影響行車安全及舒適，或行人、檢測人員安全之構件，因結構損壞造成落橋而引起行車安全不在指標評估範圍。USI 值之計算公式如下：

$$USI = \frac{\sum_{i=1}^m Ic_i \times w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \dots\dots\dots (2.13)$$

上式中，項目個數  $m$  視不同橋型而定，請參考表 2-44， $I_{c_i}$ 、 $I_{c_{ij}}$  及各構件權重  $w_i$  的計算方式與原則與 SSI 指標相同，在此不再贅述。

## 9. 功能性指標, FI<sup>[47]</sup>

FI 用於評估一座橋梁之服務水準，依公路功能等級、交通量及其他因素而定。此處功能指標係以「功能降低性」來表示，係由結構等級(Class of Structure, CS)、橋梁運輸能力(Bridge Capacity, BC)及繞道距離(Detour Length, DL)等三項指標計算與評分。

$$FI = 100 \times \frac{FI_{CS} + FI_{BC} + FI_{DL} - 1}{12 - 1} \dots\dots\dots (2.14)$$

### (1) 結構等級

結構等級分為三級，依橋梁之重要性，自第一級至第三級，分別定義為：

- a. 第一級：若該橋梁為當地居民不可或缺之交通要道，或該橋發生損壞時，將造成嚴重之災難則  $FI_{CS}$  評分為 1。
- b. 第二級：若該橋梁為當地居民不可或缺之交通要道，或該橋發生損壞時，將造成生命損失則  $FI_{CS}$  評分為 5。
- c. 第三級：若該橋梁發生損壞時，不致造成毀壞性之後果，或該橋梁可容許一段時間喪失其服務性則  $FI_{CS}$  評分為 9。

### (2) 橋梁運輸能力

單車道之通行車輛數越多，表示該橋越重要，故橋梁運輸能力以基本資料中平均每日實際交通量(Average Daily Traffic, ADT)與橋梁淨寬(Clear Bridge Width, CBW)之比計算 BC 值。當交通量愈大或橋梁淨寬愈小則單位車道之通行車輛數愈多，計算所得之 BC 愈高，表示該橋愈重要。BC 值以 200 為界， $BC > 200$ ， $FIBC$  評分為 0； $BC \leq 200$ ， $FIBC$  評分為 2。

### (3) 繞道距離

繞道距離，係指該橋梁損壞時，該橋兩端之交通需繞道之距離。繞道距離愈遠表示橋梁受災後果相對較重，繞道距離以 20km 為界，繞道距離 > 20km，FIDL 評分為 0；繞道距離 ≤ 20km，FIDL 評分為 1。

## 10. 整體優選指標, OPI<sup>[47]</sup>

OPI 綜合考慮具結構滿足性之優選指標(PI)與功能降低性之功能指標(FI)，OPI 指標值越低代表越具維修之需求。整體性優選指標 OPI 之計算式如下：

$$OPI = \frac{w_{PI} \times PI + (100 - w_{PI}) \times FI}{100} \dots\dots\dots (2.15)$$

其中， $w_{PI}$  為 PI 指標佔整體優選指標考量橋梁結構安全之權重。

## 11. 危險性指標, CSI<sup>[48]</sup>

交通部運輸研究所於民國 97 年「縣市政府老舊橋梁改善可行性評估」計畫<sup>[48]</sup>中提出橋梁危險性指標 CSI，係將橋梁結構危險程度轉換成為一個 0~100 的量化指標，並對應至維修急迫程度，分為 4 個等級：立即維修、短時間進行維修、例行性維修及不需維修，目的在於使橋梁維護管理人員能夠從此指標快速了解該橋梁整體安全程度，並做為後續維修作業之參考。

CSI 指標建立之流程圖如圖 2.8 所示，該值係由劣化指標、橋梁構件權重(D.E.R.&U.之橋梁 21 類構件權重，見表 2-42)及用路人參數等資訊，透過一系列計算程序而得，其中包括 2 次的正規化程序，以獲得 0~100 之間的指標值，最後所評估的 CSI 值再依專家意見切割分為立即維修、短時間進行維修、例行性維修與不需維修四個等級(如表 2-45)。



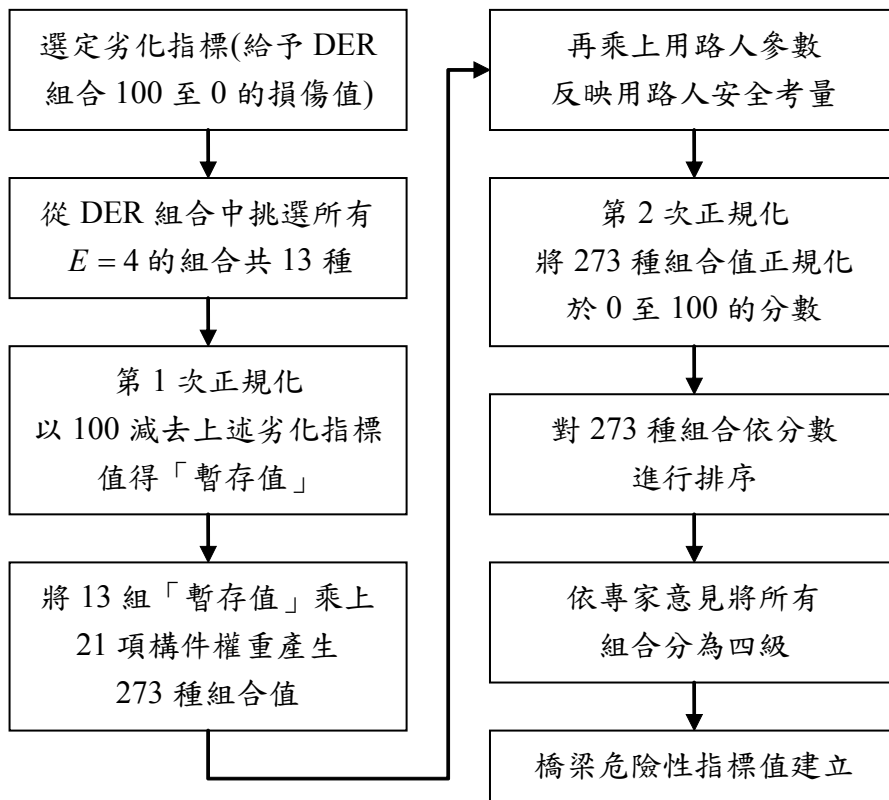


圖 2.8 CSI 指標建立流程圖

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

表 2-45 橋梁危險性指標(CSI)分級基準

橋梁危險性指標等級	CSI 指標數值
立即維修	100~33.3
短時間進行維修	33.3~11.5
例行性維修	11.5~0，但大於 0
不需維修	等於 0

資料來源：參考文獻<sup>[48]</sup>。

## 12. 橋梁綜合重要性指標<sup>[49]</sup>

國內公路總局於民國 93 年「橋梁重要程度等級之建立」<sup>[49]</sup>研究報告，參考國內外眾多橋梁重要等級之優選排序模式，並以分析層級程序法(Analytical Hierarchy Process, AHP)方法發展出適用於

公路總局的排序模式，係對橋梁重要性(以 0~100 分表示橋梁的重要程度)、地震易損性、沖刷易損性及土石流易損性評定後，採用乘積法來計算考慮橋梁重要性及易損性，以建立出橋梁綜合重要性指標，其評定架構如圖 2.9 所示。

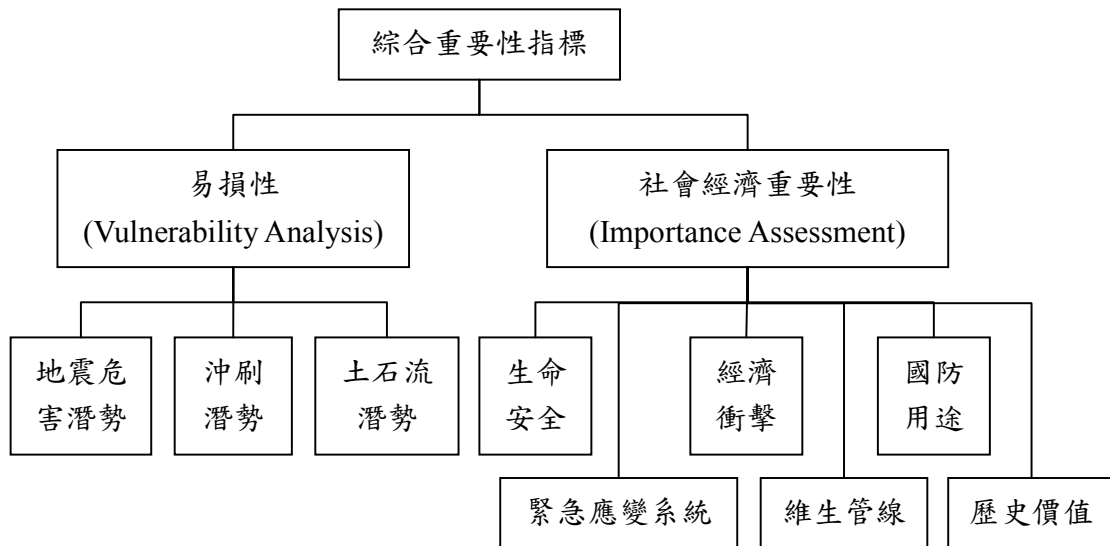


圖 2.9 橋梁重要性等級評定架構

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

關橋梁重要程度等級對社會經濟重要性的部分，依考量國防用途與否區分，分別透過表 2-46 與表 2-47 進行評估；此外，對於橋梁易損性的部分，則是透過表 2-48、表 2-49 與表 2-50 進行評估。

表 2-46 橋梁重要程度等級評定表(不含國防用途)

重要因素	關鍵因素	分數等級	權重	得分
生命安全 (0.34)	橋上交通量(U <sub>TC</sub> ) (0.65)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{Carry} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	0.22	
	橋下交通量(U <sub>TU</sub> ) (0.13)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{under} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$ 跨越鐵路(1.0)；其它為(0.0)	0.04	
	橋長(U <sub>L</sub> ) (0.22)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	0.08	
經濟衝擊 (0.38)	橋上交通量(U <sub>TC</sub> ) (0.06)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	0.02	
	道路等級(U <sub>RT</sub> ) (0.32)	國道 (1.0) 省道 (0.75) 縣道 (0.5) 鄉鎮道路 (0.25) 產業道路 (0)	0.12	
	改道長度(U <sub>DL</sub> ) (0.35)	15 公里以上 (1.0) 5 公里以上 15 公里以下 (0.5) 5 公里以下 (0.2)	0.13	
	橋長(U <sub>L</sub> ) (0.27)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	0.11	
維生管線 (0.04)	維生管線(U <sub>UT</sub> ) (1.0)	無 (0) 橋梁上附掛一種維生管線 (0.5) 橋梁上附掛二種維生管線 (1.0)	0.04	
緊急應變系統 (0.16)	緊急應變系統(U <sub>ER</sub> ) (1.0)	無(0) 位於救災系統或緊急醫療系統中 (1.0)	0.16	
歷史價值 (0.08)	工程技術唯一性(U <sub>U</sub> ) (0.5)	橋梁工程技術具唯一性 (1.0) 橋梁工程技術不具唯一性 (0)	0.04	
	古蹟(U <sub>H</sub> ) (0.5)	此橋梁為古蹟 (1.0) 此橋梁為非古蹟 (0)	0.04	
總分				

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

表 2-47 橋梁重要程度等級評定表(含國防用途)

重要因素	關鍵因素	分數等級	權重	得分
生命安全 (0.31)	橋上交通量(U <sub>TC</sub> ) (0.65)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{Carry} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	0.20	
	橋下交通量(U <sub>TU</sub> ) (0.13)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{under} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$ 跨越鐵路(1.0)；其它為(0.0)	0.04	
	橋長(U <sub>L</sub> ) (0.22)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	0.07	
經濟衝擊 (0.34)	橋上交通量(U <sub>TC</sub> ) (0.06)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	0.02	
	道路等級(U <sub>RT</sub> ) (0.32)	國道 (1.0) 省道 (0.75) 縣道 (0.5) 鄉鎮道路 (0.25) 產業道路 (0)	0.11	
	改道長度(U <sub>DL</sub> ) (0.35)	15 公里以上 (1.0) 5 公里以上 15 公里以下 (0.5) 5 公里以下 (0.2)	0.12	
	橋長(U <sub>L</sub> ) (0.27)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	0.09	
維生管線 (0.04)	維生管線(U <sub>UT</sub> ) (1.0)	無 (0) 橋梁上附掛一種維生管線 (0.5) 橋梁上附掛二種維生管線 (1.0)	0.04	
緊急應變系統 (0.15)	緊急應變系統(U <sub>ER</sub> ) (1.0)	無(0) 位於救災系統或緊急醫療系統中 (1.0)	0.15	
歷史價值 (0.06)	工程技術唯一性(U <sub>U</sub> ) (0.5)	橋梁工程技術具唯一性 (1.0) 橋梁工程技術不具唯一性 (0)	0.03	
	古蹟(U <sub>H</sub> ) (0.5)	此橋梁為古蹟 (1.0) 此橋梁為非古蹟 (0)	0.03	
國防用途 (0.10)	戰略位置(U <sub>S1</sub> ) (0.40)	橋梁位於戰略位置 (1.0) 橋梁不位於戰略位置 (0)	0.04	
	後勤運輸補給路線(U <sub>S2</sub> ) (0.60)	橋梁位於後勤運輸補給路線上 (1.0) 橋梁非後勤運輸補給路線 (0)	0.06	
總分				

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

表 2-48 橋梁地震易損性評估內容

關鍵因素	分數等級	權重	得分
設計年份	民國49年以前 (1.0) 民國76年以前49年以後(0.5) 民國84年以前76年以後 (0.2) 民國84年以後 (0.0)	0.13	
最高橋墩高度 h (m)	$\frac{H}{15} \leq 1.0$	0.1	
地盤種類	第三類地盤 (1.0) 第二類地盤 (0.5) 第一類地盤 (0)	0.15	
橋墩型式	單柱式橋墩 (1) 多柱式橋墩 (0.5) 牆式橋墩 (0.25) 單跨橋 (0)	0.18	
橋台連接型式	非整體式 (1) 整體式 (0)	0.03	
橋跨連續性	簡支 (1) 連續 (0)	0.17	
地表加速度 a	$0 \leq \frac{a}{0.33g} \leq 1$	0.2	
歪斜角 $\theta^\circ$	$0 \leq \frac{\theta}{45} \leq 1$	0.04	

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

表 2-49 橋梁沖刷易損性評估表

關鍵因素	分數等級	權重	得分
主河道變遷	● 嚴重變遷(1.0) ● 輕微變遷(0.5) ● 無(0)	0.06	
基礎型式	● 具淺基礎(1.0) ● 具深基礎或經詳細分析可採用深基礎(0.5)	0.12	
橋墩型式	● 單柱橋墩(1.0) ● 雙柱橋墩(0.8) ● 多柱橋墩或經分析可採用其他型式者(0.5)	0.21	
基礎裸露程度	● 嚴重(1.0) ● 中等(0.5) ● 無(0)	0.15	
本河川附近橋梁有無沖刷問題	● 嚴重 (1.0) ● 中等 (0.5) ● 無(0)	0.15	
橋墩方向與河川流向角度 $\theta^\circ$	● $0 \leq \frac{\theta - 5^\circ}{25^\circ} \leq 1$	0.1	
基礎保護措施	● 嚴重劣損(1.0) ● 不良(0.7) ● 尚可(0.4) ● 良好(0)	0.21	

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

表 2-50 橋梁土石流易損性評估表

關鍵因素	分數等級	權重	得分
土石流發生歷史	曾經發生(1.0) 未曾發生(0)	0.1	
橋址附近土石崩塌地 或堰塞湖	崩塌及堰塞湖同時發生(1.0) 崩塌嚴重(0.8) 崩塌不嚴重(0.5) 未曾發生(0)	0.18	
是否有橋墩	有橋墩 (1.0) 無橋墩 (0)	0.18	
橋梁跨距 S(m)	$0 < \frac{35-S}{30} < 1$	0.18	
橋梁淨空 H(m)	$0 \leq \frac{10-H}{8} \leq 1$	0.18	
橋梁斜曲角度( $\alpha^\circ$ )	$0 \leq \frac{\alpha}{25} \leq 1$	0.06	
橋梁附近河道縱向坡 度 $\theta^\circ$	$0 \leq \frac{8-\theta}{8} \leq 1$	0.06	
淺基礎覆土深度 $L'(m)$	$0 \leq \frac{3-L'}{3} \leq 1$	0.06	
深基礎裸露深度 L(m)	$0 \leq \frac{L}{5} \leq 1$		

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

該研究採用重要等級評分統計分佈特性作為建立橋梁重要等級之分類之依據，並以公路總局橋梁的重要等級評分統計分佈作為重要等級分類之參考；該研究建議將重要等級分為「極重要」、「重要」、「次重要」及「一般」等四個等級，並設定對應累積百分比分別為 97%、86%、50%的條件下，各等級與對應分數門檻如表 2-51 所示。

表 2-51 橋梁重要等級及重要程度評分

等級	極重要	重要	次重要	一般
重要程度評分	0.70 以上	0.55~0.70	0.40~0.55	0.40 以下

資料來源：參考文獻<sup>[49]</sup>。

### 13. 橋梁綜合評估與優選排序指標, SR<sup>[50]</sup>

內政部營建署在民國 94 年的「都市計畫區內橋梁檢測、監測、維修及管理計畫」<sup>[50]</sup>建立「市區道路橋梁綜合評估與優選排序指標」作為橋梁綜合評估與優選排序指標，係利用市區道路與鄉道同屬區域性道路之特性，藉由類似評估條件之評估方法，用來評估全國各縣市所轄橋梁之狀況。圖 2.10 為橋梁優選排序作業的整體架構圖，主要包括結構性指標(S<sub>1</sub>)、服務性指標(S<sub>2</sub>)、易損性指標(S<sub>3</sub>)及特殊性指標(S<sub>4</sub>)等 4 大項，其下又包含其它多項評估項目。表 2-52 為諸項評估指標因子的項目及在各評估方法之考量說明。該方法透過表格填寫的方式進行 4 大項指標評分，最後總成可得橋梁綜合評估與優選排序指標。表 2-53 為使用該研究建議之綜合評估與優選排序指標時，檢測人員現場填寫的勘查表格，而表 2-54 與表 2-55 為橋梁綜合評估與優選排序指標中對各種易損性的評估表。

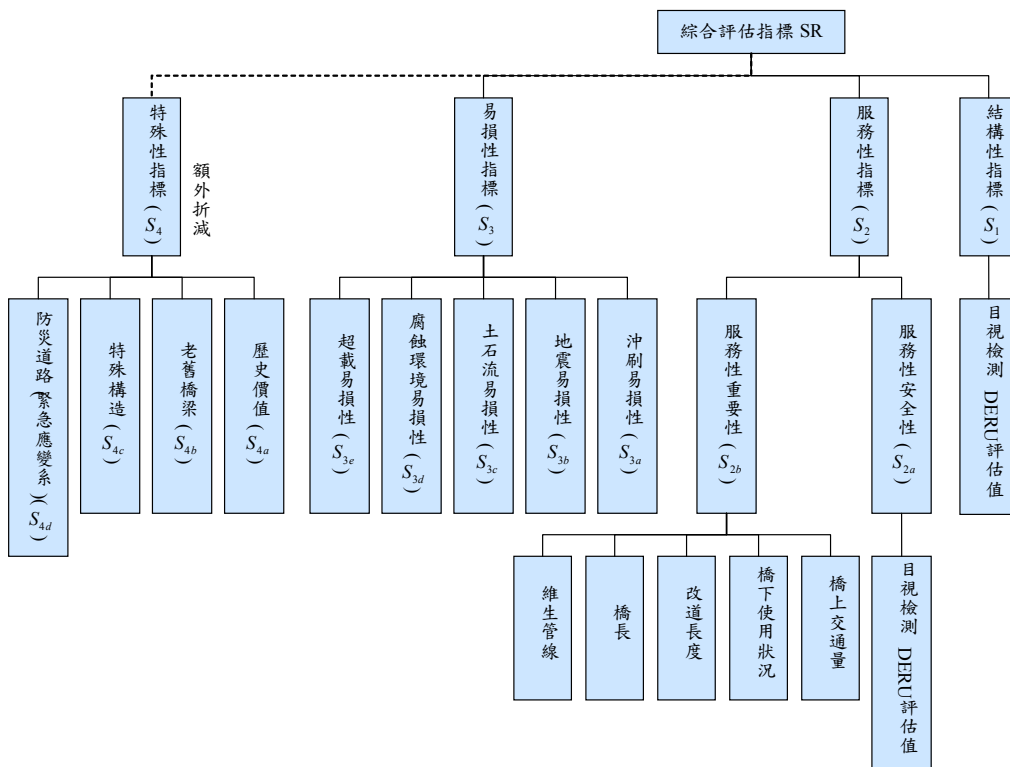


圖 2.10 橋梁綜合評估與優選排序指標評估架構圖

資料來源：參考文獻<sup>[50]</sup>。

表 2-52 評估因子採用原則

橋梁綜合評估與優選 排序指標因子		說明
結構性指標(S <sub>1</sub> )		此部分為橋梁主要結構之狀況指標，主要構件之損害會立即影響橋梁結構安全，維修排序相關文獻皆所提及與考量，以橋梁管理系統之目視檢測資料作為全國各橋梁結構狀況一致性之評估資料，國內維修排序之各評估方法皆有考量。
服務性指標 (S <sub>2</sub> )	服務安全性	此部分為橋梁次要構件之狀況指標，次要構件多為橋梁上部構造之構件，其損傷對橋梁主體結構影響有限，但對用路人之行車舒適度與用路安全卻有直接影響，故從結構性指標中區隔出來獨立評估。以臺灣地區橋梁管理資訊系統之目視檢測資料為其評估值，國內維修排序各評估方法皆有引用。
	橋上交通量	橋上交通量直接突顯橋梁服務用路人之重要性，交通量越大，表示橋梁使用量越大，橋梁一但發生損毀，將危害更多用路人與經濟上之衝擊，各評估方法皆有考量。
	橋下使用狀況	當橋梁有跨越其他道路時，若發生事故對橋下道路之影響也會隨之發生，對生命安全也會造成衝擊。
	改道長度	橋梁損壞禁止通行後，使用者改道繞行之長度，使用路人成本增加，旅行時間增長，使用者將花費更多時間成本。
	橋長	橋長越長，通過橋上之車輛人員相對較多，可能影響之車輛人員安全之可能性亦愈高，當災害發生橋梁受損時，相對相關之維修費用亦會較高。
	維生管線	附掛橋梁上之民生管線一旦橋梁受損導致管線損壞，將衝擊到特定區域之民生、農業及工業等用水或用電，甚至於影響整個電信系統的運作。
易損性指標 (S <sub>3</sub> )	沖刷易損性	臺灣河川多湍急，跨河川橋梁對於沖刷潛勢之抗阻能力需有所考量。
	地震易損性	臺灣位屬東亞地震頻仍之地帶，耐震設計規範多次修正，對於對於地震潛勢之抗阻能力需有所考量。
	土石流易損性	臺灣靠山地區近年來時有土石流爆發，橋梁下構對於土石流沖刷撞擊之抗阻能力需有所考量。
	腐蝕環境 易損性	臺灣橋梁受鹽害腐蝕影響甚大，抗腐蝕能力需有所評估。



	超載易損性	重車超載情形對於橋梁傷害甚大，承載能力需有所評估。
特殊性指標 (S <sub>4</sub> )	歷史價值	橋梁之歷史特性，如工程紀念價值或與某重大事件相關等。
	特殊構造	使用特殊工法興建之橋梁，或為某特殊工法第一次使用之橋梁，具有一定工程上之價值。
	老舊橋梁	老舊橋梁較易因其功能不符合需求，或設計條件歷經規範修改已不符現行設計規範之要求，或因材料已歷經多年，較易有材料疲勞及剝落損毀之疑義。
	防災道路(緊急應變系統)	用以量度災害發生並造成橋梁破壞之後，對仰賴運輸系統完整有效之緊急應變之衝擊。

資料來源：參考文獻<sup>[50]</sup>。

### 2.2.2.3 橋梁性能初步評估

國內初步評估表多為交通部相關機構委託學術研究單位開發，針對橋梁安全進行初步評估，目的是為了於短時間內篩選出破壞潛勢較高的橋梁作進一步的詳細評估以確認其安全性。

目前臺灣地區之橋梁安全初步評估表分為三類，分別為承載能力、耐洪能力與耐震能力。以中國土木工程學會著作<sup>[51]</sup>為例，承載能力評估表如表 2-56；耐洪能力評估表以及未來沖刷潛能評估表分別如表 2-57 與表 2-58；而耐震能力初步評估包括：(1)表 2-59 之落橋評估表、(2)分別適用於混凝土橋柱與鋼橋柱的強度韌性評估表(表 2-60、表 2-61)。交通部公路總局<sup>[52]</sup>『公路橋梁耐震評估及補強準則之研究』亦提供耐震能力初步評估表，包括落橋評估表(表 2-62)與強度韌性評估表(表 2-63)。公路總局<sup>[52]</sup>之耐震能力初評表於評估項目上與土水會著作<sup>[51]</sup>有部分差異，另外亦將混凝土橋柱及鋼橋柱整合於同一表中，並新增壁式橋墩。另外，交通部運研所「跨河橋梁安全預警系統之建立研究及整合作業」計畫<sup>[53]</sup>，區分上、下游建立公路橋梁沖刷潛勢簡易評估表以及詳細評估表；「訂定跨河橋梁橋基沖刷檢測作業規範(草案)之研究」<sup>[54]</sup>也彙整既有報告之沖刷潛勢評估表與耐洪能力初步評估表，在此不詳述。

表 2-53 老舊橋梁維修優選排序綜合評估表

橋梁名稱：	_____ 橋梁，所在鄉鎮縣市：_____ 縣 _____ 鄉，附近參考地標：_____				
優選評估：	指標項目	相關評估項目		得分	
	結構性指標 (權重：50%)	主要構件 DER 換算 $PI = \text{_____}$ ；得分 $= 0.5 \times (150 - PI)$ (參考「臺灣地區橋梁管理資訊系統」)		_____	
	服務性指標 (權重：21%)	服務構件功能降低評估 (權重：10%)	主要構件 DER 換算 $PI = \text{_____}$ ； 得分 $= 0.1 \times (150 - PI)$		_____
		橋上每日平均交通量 (權重：3%)	ADT = _____ pcu		_____
		橋下使用狀況 (權重：2%)	跨越物 <input type="checkbox"/> 無【0】(含河川、渠道) <input type="checkbox"/> 有【1】迴轉道、道路等級縣道以下 <input type="checkbox"/> 有【2】 <input type="checkbox"/> 道路 <input type="checkbox"/> 市集 <input type="checkbox"/> 鐵路 <input type="checkbox"/> 其他 _____		_____
		改道長度 (權重：2%)	改道長度 = _____ Km， <input type="checkbox"/> $\leq 5$ Km【0】； <input type="checkbox"/> 15Km~5Km【1】； <input type="checkbox"/> $\geq 15$ Km【2】		_____
		維生管線 (權重：2%)	<input type="checkbox"/> 無【0】， <input type="checkbox"/> 1種【1】； <input type="checkbox"/> 2種以上【2】 附掛種類： <input type="checkbox"/> 電信； <input type="checkbox"/> 電力； <input type="checkbox"/> 水管； <input type="checkbox"/> 天然氣； <input type="checkbox"/> 其他 _____		_____
		橋長(權重：2%)	橋梁長度 = _____ m		_____
	易損性指標 (權重：29%)	超載易損性	- 易損性評估表(表 2-54)		_____
		地震易損性	- 易損性評估表(表 2-54)		_____
		腐蝕易損性	- 易損性評估表(表 2-54)		_____
		沖刷易損性	- 易損性評估表(表 2-55)		_____
		土石流易損性	- 易損性評估表(表 2-55)		_____
	特殊性指標 (權重：8%)	防災道路(緊急應變) (權重：4%)	<input type="checkbox"/> 否【0】 <input type="checkbox"/> 是【4】；類型：_____ 核定單位：_____		_____
		特殊構造 (權重：1%)	<input type="checkbox"/> 否【0】 <input type="checkbox"/> 是【1】； <input type="checkbox"/> 拱橋； <input type="checkbox"/> 鋼橋； <input type="checkbox"/> 斜張； <input type="checkbox"/> 其他：_____		_____
		老舊橋梁 (權重：1%)	<input type="checkbox"/> 否：橋齡 30 年以下【0】 <input type="checkbox"/> 是：橋齡 30 年以上【1】；橋齡 _____ 年		_____
		歷史價值 (權重：2%)	<input type="checkbox"/> 否【0】 <input type="checkbox"/> 是【2】；核定單位：_____ <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 級 古蹟； <input type="checkbox"/> 其他：_____		_____
	填表人			累計總分	_____

資料來源：參考文獻<sup>[50]</sup>。

表 2-54 易損性評估表(超載、地震、腐蝕)

易損性項目	評估項目	評估內容(A)	權重 (B)	評分 (C)	得分 $\Sigma A \times B \times C$
超載易損性 (載重能力評估) (權重：6%)	設計載重	<input type="checkbox"/> HS15 以下【1.0】； <input type="checkbox"/> HS15~HS20(不含 HS20)【0.7】； <input type="checkbox"/> HS20~HS20+25%【0.4】； <input type="checkbox"/> HS20+25%以上【0.0】	0.12	6	—
	重車流量(pcu)	<input type="checkbox"/> 2000 以上【1.0】； <input type="checkbox"/> 1000~2000【0.5】； <input type="checkbox"/> 0~1000【0.0】	0.08		
	結構型式	<input type="checkbox"/> 簡支【1.0】 <input type="checkbox"/> 非簡支或經詳細分析可採用簡支者【0.5】	0.08		
	磨耗層表面平整度	<input type="checkbox"/> 嚴重不平整【1.0】； <input type="checkbox"/> 略不平整【0.5】； <input type="checkbox"/> 平整【0.0】	0.04		
	混凝土橋面版	<input type="checkbox"/> 嚴重裂損【1.0】； <input type="checkbox"/> 裂損【0.7】； <input type="checkbox"/> 微裂損【0.4】； <input type="checkbox"/> 無裂損【0.0】	0.06		
	伸縮縫現況及功能	<input type="checkbox"/> 劣【1.0】； <input type="checkbox"/> 尚可【0.5】； <input type="checkbox"/> 良好【0.0】	0.08		
	主梁	<input type="checkbox"/> 嚴重裂損【1.0】； <input type="checkbox"/> 裂損【0.7】； <input type="checkbox"/> 微裂損【0.4】； <input type="checkbox"/> 無裂損【0.0】	0.16		
	隔梁數	$1 - \left( 0 \leq \frac{18 - \frac{L}{N+1}}{12} \leq 1.0 \right)$ L(跨徑) = _____ N(不含端隔梁之中隔梁數目) = _____	0.04		
	隔梁功能	<input type="checkbox"/> 劣【1.0】； <input type="checkbox"/> 尚可【0.5】； <input type="checkbox"/> 良好【0.0】	0.06		
	支承現況	<input type="checkbox"/> 劣【1.0】； <input type="checkbox"/> 尚可【0.5】； <input type="checkbox"/> 良好【0.0】	0.12		
	帽梁橋墩橋台基礎	<input type="checkbox"/> 嚴重裂損【1.0】； <input type="checkbox"/> 裂損【0.7】； <input type="checkbox"/> 微裂損【0.4】 <input type="checkbox"/> 無裂損【0.0】	0.12		
限重及限速	<input type="checkbox"/> 兩者皆無【0.0】； <input type="checkbox"/> 有其中一種【0.5】； <input type="checkbox"/> 兩者皆有【1.0】	0.04			
地震易損性 (權重：8%)	設計年份	<input type="checkbox"/> 民國 49 年以前【1.0】 <input type="checkbox"/> 民國 76 年以前 49 年以後【0.7】 <input type="checkbox"/> 民國 84 年以前 76 年以後【0.5】 <input type="checkbox"/> 民國 89 年以前 84 年以後【0.2】 <input type="checkbox"/> 民國 89 年以後【0.0】	0.13	8	—
	最高橋墩高度 H(m)	$\left( \frac{H}{15} \leq 1.0 \right)$ ; H=___ m	0.1		
	地盤種類	<input type="checkbox"/> 臺北盆地(堅硬地盤)【1.0】 <input type="checkbox"/> 第三類地盤(軟弱地盤)【0.7】 <input type="checkbox"/> 第二類地盤(普通地盤)【0.4】 <input type="checkbox"/> 第一類地盤(堅硬地盤)【0.0】	0.15		
	橋墩型式	<input type="checkbox"/> 單柱式橋墩【1.0】 <input type="checkbox"/> 多柱式橋墩【0.5】 <input type="checkbox"/> 牆式橋墩【0.25】 <input type="checkbox"/> 單跨橋【0.0】	0.18		
	橋台連接型式	<input type="checkbox"/> 非整體式【1.0】 <input type="checkbox"/> 整體式【0.0】	0.03		
	橋跨連續性	<input type="checkbox"/> 簡支【1.0】 <input type="checkbox"/> 連續【0.0】	0.17		
	地表加速度 a	$0 \leq a/0.33g < 1$ ; a = _____	0.2		
	歪斜角 $\theta$	$0 \leq \theta/45 < 1$ ; $\theta =$ _____ °	0.04		
腐蝕易損性 (權重：5%)	距海遠近	<input type="checkbox"/> 離海岸 200 公尺內【1.0】 <input type="checkbox"/> 離海岸 200-1000 公尺【0.7】 <input type="checkbox"/> 離海岸 1-10 公里【0.4】 <input type="checkbox"/> 離海岸 10 公里以上【0.1】	5	—	

資料來源：參考文獻<sup>[50]</sup>。

表 2-55 易損性評估表(沖刷、土石流)

易損性項目	評估項目	評估內容(A)	權重(B)	評分(C)	得分 $\Sigma$ $A \times B \times C$
沖刷易損性 (權重：6%)	<input type="checkbox"/> 跨河橋梁為單跨(無落墩)或路橋，無橋墩沖刷之疑慮者 (勾選此項目者，無須再評估下列沖刷易損性項目，直接跳至土石流易損性評估)		0		6
	主河道變遷	<input type="checkbox"/> 嚴重變遷【1.0】； <input type="checkbox"/> 輕微變遷【0.5】； <input type="checkbox"/> 無【0.0】	0.06		
	基礎型式	<input type="checkbox"/> 具淺基礎【1.0】 <input type="checkbox"/> 具深基礎或經詳細分析可採用深基礎【0.5】	0.12		
	橋墩型式	<input type="checkbox"/> 單柱橋墩【1.0】 <input type="checkbox"/> 雙柱橋墩【0.8】 <input type="checkbox"/> 多柱橋墩或經分析可採用其他型式者【0.5】	0.21		
	基礎裸露程度	<input type="checkbox"/> 嚴重【1.0】 <input type="checkbox"/> 中等【0.5】 <input type="checkbox"/> 無【0.0】	0.15		
	本河川附近橋梁有無沖刷問題	<input type="checkbox"/> 嚴重【1.0】 <input type="checkbox"/> 中等【0.5】 <input type="checkbox"/> 無【0.0】	0.15		
	橋墩方向與河川流向角度 $\theta$ °	$\left(0 \leq \frac{\theta - 5^\circ}{25^\circ} \leq 1\right)$ ; $\theta = \underline{\quad}$ °	0.1		
	基礎保護措施	<input type="checkbox"/> 嚴重劣損嚴重【1.0】 <input type="checkbox"/> 不良【0.7】 <input type="checkbox"/> 尚可【0.4】 <input type="checkbox"/> 良好【0.0】	0.21		
土石流易損性 (權重：4%)	<input type="checkbox"/> 所屬區域無土石流發生之疑慮 (勾選此項目者，無須再評估下列土石流易損性項目)		0		4
	土石流發生歷史	<input type="checkbox"/> 曾經發生【1.0】 <input type="checkbox"/> 未曾發生【0.0】	0.1		
	橋址附近土石崩塌或堰塞湖	<input type="checkbox"/> 崩塌及堰塞湖同時發生【1.0】 <input type="checkbox"/> 崩塌嚴重【0.8】 <input type="checkbox"/> 崩塌不嚴重【0.5】 <input type="checkbox"/> 未曾發生【0.0】	0.18		
	是否有橋墩	<input type="checkbox"/> 有橋墩【1.0】 <input type="checkbox"/> 無橋墩【0.0】	0.18		
	橋梁跨距 S(m)	$\left(0 \leq \frac{35-S}{30} \leq 1\right)$ ; S= <u>   </u> m	0.18		
	橋梁淨空 H(m)	$\left(0 \leq \frac{10-H}{8} \leq 1\right)$ ; H= <u>   </u> m	0.18		
	橋梁斜曲角度( $\alpha$ °)	$\left(0 \leq \frac{\alpha}{25} \leq 1\right)$ ; $\alpha = \underline{\quad}$ °	0.06		
	橋梁附近河道縱向坡度 $\theta$ °	$\left(0 \leq \frac{8^\circ - \theta}{8^\circ} \leq 1\right)$ ; $\theta = \underline{\quad}$ °	0.06		
	淺基礎覆土深度 L'(m)	$\left(0 \leq \frac{3-L'}{3} \leq 1\right)$ ; L'= <u>   </u> m	0.06		
	深基礎裸露深度 L(m)	$\left(0 \leq \frac{L}{5} \leq 1\right)$ ; L= <u>   </u> m			

資料來源：參考文獻<sup>[50]</sup>。

表 2-56 公路橋梁承載能力初步評估表

橋梁名稱：		橋梁編號：		振動單位：		權數	危險度評分	
項次	項目	配分	評估內容					
4001	設計載重	6	<input type="checkbox"/> HS-20以下(1.0)	<input type="checkbox"/> HS-20+0-25%(0.5)	<input type="checkbox"/> (0)			
4002	重車每日流量	10	<input type="checkbox"/> (1.0)	<input type="checkbox"/> 1000 - 2000輛(0.5)	<input type="checkbox"/> 0 - 1000輛(0)			
4003	結構型式	6	<input type="checkbox"/> 簡支(1.0)	<input type="checkbox"/> 非簡支(0.5)				
4004	橋面磨耗層表面平整	4	<input type="checkbox"/> (1.0)	<input type="checkbox"/> 略不平整(0.5)	<input type="checkbox"/> 平整(0)			
4005	橋面磨耗層厚度	10	$\frac{h_e - h_o}{0.5(h_o + h_e)} \leq 1.0$ ; $h_e - h_o \geq 0$ ; 其中 $h_o$ : 磨耗層設計厚度; $h_e$ : 磨耗層實際厚度; $h_p$ : 橋面板設計厚度					
4006	混凝土橋面板	12	<input type="checkbox"/> 嚴重裂損(1.0)	<input type="checkbox"/> 裂損(0.5)	<input type="checkbox"/> 微裂損(0.25)	<input type="checkbox"/> (0)		
4007	伸縮縫構造現況及功	6	<input type="checkbox"/> 劣(1.0)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.5)	<input type="checkbox"/> 良好(0)			
4008	主梁	12	<input type="checkbox"/> 嚴重裂損(1.0)	<input type="checkbox"/> 裂損(0.5)	<input type="checkbox"/> 微裂損(0.25)	<input type="checkbox"/> (0)		
4009	橫隔梁數	4	$\frac{L}{N+1} - 6 \leq 1.0$ ; 其中 $L$ : 跨度; $N$ : 不含端隔梁之中隔梁數目					
4010	橫隔梁功能	4	<input type="checkbox"/> 劣(1.0)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.5)	<input type="checkbox"/> 良好(0)			
4011	主梁支承現況	6	<input type="checkbox"/> 劣(1.0)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.5)	<input type="checkbox"/> 良好(0)			
4012	帽梁橋墩橋台基礎	6	<input type="checkbox"/> 嚴重裂損(1.0)	<input type="checkbox"/> 裂損(0.5)	<input type="checkbox"/> 微裂損(0.25)	<input type="checkbox"/> (0)		
4013	限重及限速	4	<input type="checkbox"/> 兩者皆無(0.0)	<input type="checkbox"/> 有其中一種(0.5)	<input type="checkbox"/> 兩者皆有(1.0)			
4014	其他影響載重安全之異常現象	10	附掛管線、改建、加建及河川冲刷等					
分數總計		100						
評估者				評估日期				

資料來源：參考文獻<sup>[51]</sup>。

表 2-57 公路橋梁耐洪能力初步評估表

橋梁名稱：		橋梁編號：		震動單位：		權數	危險度評分	
項次	項目	配分	評估內容					
5001	主河道變遷	4	<input type="checkbox"/> 嚴重變遷(1.0)	<input type="checkbox"/> 輕微變遷(0.5)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)			
5002	河川整治辦理情形	4	<input type="checkbox"/> 尚未辦理(1.0)	<input type="checkbox"/> 1000公尺以內完成，其他尚未辦理(0.5)		<input type="checkbox"/> 已完成(0.0)		
5003	河川冲刷潛能	5	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.5)	<input type="checkbox"/> 低(0.25)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)		
5004	鄰近有無採砂	10	<input type="checkbox"/> 1000公尺以內(1.0)	<input type="checkbox"/> 1000公尺以上(0.5)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)			
5005	上游攔河堰	5	<input type="checkbox"/> 1000公尺以內(1.0)	<input type="checkbox"/> 1000公尺以上(0.5)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)			
5006	上游橋梁	3	<input type="checkbox"/> 1000公尺以內(1.0)	<input type="checkbox"/> 1000公尺以上(0.5)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)			
5007	橋台及橋墩之基礎型式	5	<input type="checkbox"/> 具淺基礎(1.0)	<input type="checkbox"/> 具深基礎(0.0)				
5008	橋墩型式	4	<input type="checkbox"/> 單柱橋墩(1.0)	<input type="checkbox"/> 雙柱橋墩(0.5)	<input type="checkbox"/> 多柱或壁式橋墩(0)			
5009	支承現況	4	<input type="checkbox"/> 劣(1.0)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.5)	<input type="checkbox"/> 良好(0.0)			
5010	基礎裸露深度與容許冲刷深度比值 $R_H$	15	$R_H = \frac{H_S}{H_{St}}$ ; $H_S$ : 裸露深度、 $H_{SA}$ : 容許深度或 $H_{St} = \frac{1}{5} H_P$ ; $H_P$ : 基槽(沉箱)長度					
5011	本河川附近其他橋梁有無冲刷問題	5	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.5)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)			
5012	梁底高程	10	$1.0 \geq 1 - \frac{(\text{梁底高程} - \text{計劃洪水位})}{2.0 \text{公尺}} \geq 0$ 或 $1.0 \geq 1 - \frac{(\text{梁底高程} - \text{堤頂高程})}{1.5 \text{公尺}} \geq 0$					
5013	阻水面積 $R_A$ (%)	8	$(R_A - 5) / 5 \leq 1.0$					
5014	橋墩方向與河川流向夾角 $(\varphi^0)$	4	$1.0 \geq \frac{\varphi^0 - 5^0}{25^0} \geq 0$					
5015	橋墩形狀	4	<input type="checkbox"/> 平頭墩(1.0)	<input type="checkbox"/> 圓頭墩(0.5)	<input type="checkbox"/> 尖頭墩(0.0)			
5016	基礎保護設施	5	<input type="checkbox"/> 不良(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.5)	<input type="checkbox"/> 良好或無須保護(0.0)			
5017	其他影響耐洪能力之異常現象	5	橋墩及基礎變位傾斜、橋梁靠近河床陡之山區、下部結構被撞擊損害等					
分數總計		100						
評估者				評估日期				

資料來源：參考文獻<sup>[51]</sup>。

表 2-58 公路橋梁沖刷潛能初步評估表

橋梁名稱：		橋梁編號：		震動單位：		權數	危險度 評分
項次	項目	配分	評估內容				
1	近年內主河道變遷的情形	10	<input type="checkbox"/> 極嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.5-0.9)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.2)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)	
2	河川整治辦理情形	4	<input type="checkbox"/> 尚未辦理或已辦理但僅施設簡易式拋卵石護岸工(1.0)	<input type="checkbox"/> 1000公尺以內完成，其他尚未辦理(0.5)	<input type="checkbox"/> 已完成(0.0)		
3	近年內主河道河床下降的情形	10	<input type="checkbox"/> 極嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.5-0.9)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.2)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)	
4	鄰近有無採砂	10	<input type="checkbox"/> 2000公尺以內(1.0)	<input type="checkbox"/> 2000公尺以上(0.5)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)		
5	上游攔河堰	3	<input type="checkbox"/> 2000公尺以內(1.0)	<input type="checkbox"/> 2000公尺以上(0.5)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)		
6	上游橋梁；下游側具束縮河道之其他構造物	4	<input type="checkbox"/> 400公尺以內(1.0)	<input type="checkbox"/> 400~1000公尺之間(0.5)	<input type="checkbox"/> 1000公尺以上(0.2)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)	
7	基礎型式	3	<input type="checkbox"/> 具淺基礎或擴展式基礎(1.0)	<input type="checkbox"/> 具沉箱基礎但貫入深度≤10m(0.5)	<input type="checkbox"/> 具深基礎(0.0)		
8	基礎裸露程度	10	<input type="checkbox"/> 極嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.5-0.9)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.2)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)	
9	本河川附近其他橋梁有無沖刷問題	3	<input type="checkbox"/> 極嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.5)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.2)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)	
10	梁底高程	4	$1.0 \geq 1 - \frac{(\text{梁底高程} - \text{計劃洪水位})}{2.0 \text{公尺}} \geq 0$ 或 $1.0 \geq 1 - \frac{(\text{梁底高程} - \text{堤頂高程})}{1.5 \text{公尺}} \geq 0$				
11	阻水比效應	8	<input type="checkbox"/> 極嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.5-0.9)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.2)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)	
12	橋墩(基)方向與河川流向之角度(θ°)	4	$(1.0) \geq \xi = \frac{\theta^0 - 5^0}{25^0} \geq (0)$ ; 惟 $\theta < 50, \zeta = 0$ ; $\theta > 300, \zeta = 1.0$				
13	河床軟岩之風化沖蝕	5	<input type="checkbox"/> 極嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.5)	<input type="checkbox"/> 輕微(0)		
14	具側向侵蝕或水躍(或跌水)沖刷的潛在沖刷因素	15	<input type="checkbox"/> 極嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.5-0.9)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.2)	<input type="checkbox"/> 無(0.0)	
15	其他會影響橋梁沖刷穩定之(異常)現象	7	橋墩及基礎變位傾斜、橋梁靠近河床陡峭之山區、下部結構連撞擊損害、橋梁通過彎曲河道凹岸、橋基保護工配置形成弱面、不當的導水路開挖而引致水流過度集中於狹窄的流路、槽基礎垂直承載力大幅下降或形成細長槽效應或長槽之接槽位置已漸露出等				
分數總計		100					
評估者						評估日期	

資料來源：參考文獻<sup>[51]</sup>。

表 2-59 公路橋梁耐震能力初步評估表—落橋評估

橋梁名稱：		編號：		振動單位：P ~ P		權重(W)	評分
設計年度：	項目	配分	評估內容				
設計年度：	<input type="checkbox"/> 民國49年以前 <input type="checkbox"/> 民國49~76年 <input type="checkbox"/> 民國76~84年 <input type="checkbox"/> 民國84~89年 <input type="checkbox"/> 民國89年以後						
工址	震區係數	15	$W = (Z - Z_0) / Z_0 \leq 1.0$ ; Z: 現行規範之工址水平加速度係數; Z <sub>0</sub> : 設計之工址等值水平加速度係數				
環境	液化潛能	8	<input type="checkbox"/> 橋址位於液化區(1.0); <input type="checkbox"/> 砂質土層(0.5); <input type="checkbox"/> 無(0);				
	基礎裸露深度	8	<input type="checkbox"/> 基樁裸露或 $R \geq 2.0, (W=1.0)$ ; <input type="checkbox"/> $1.0 \leq R < 2.0, (W=R-1)$ ; <input type="checkbox"/> $R < 1.0, (W=0)$ ; $R = \text{基礎裸露深度(m)} / 1.2\text{m}$ 或 $R = \text{基礎裸露深度(m)} / \text{基礎版厚度(m)}$				
結構系統	外懸鉸接	5	<input type="checkbox"/> 有(1.0); <input type="checkbox"/> 無(0);				
	橋柱高度	4	$H < 15, W = H / 15$ ; $H \geq 15, W = 1.0$ ; H: 橋柱高度(m)				
	斜交角度	4	$W = \theta^0 / 45^0 \leq 1.0$ ; $\theta^0$ : 斜交角度				
	縱坡坡度	4	$W = \text{縱坡坡度} / 6 \leq 1.0$				
	基礎型式	4	<input type="checkbox"/> 具直接基礎(1.0); <input type="checkbox"/> 具橋基礎(0.5); <input type="checkbox"/> 沉箱基礎(0);				
結構細部	其它異常現象	8	橋柱垂直度、支承狀況、支承座至支承混凝土面之異常狀況等				
	防落裝置	15	<input type="checkbox"/> 兩向均無裝置(1.0); <input type="checkbox"/> 僅垂直車行向有裝置(0.5); <input type="checkbox"/> 僅車行向有裝置(0.25); <input type="checkbox"/> 兩向皆有裝置(0);				
	防落長度 $N_e$	25	$N_e \leq N/2, W=1.0$ ; $N/2 < N_e \leq N, W = (N - N_e) / (N/2) \leq 1.0, N_e > N, W=0$ ; N: 規範規定防落長度; $N_e$ : 實際防落長度				
小計		100					
評估者						評估日期	
註: (1) 評分=配分×權重; 其中權重可為各項目經計算所得之數值W或括弧中之數值。 (2) $N = 50 + 0.25L + 1.0H$ ; 其中L為跨徑(m), H為下部結構高度(m), N的單位為cm。 (3) 落橋評估之評定標準為: (4) 若基樁裸露則安全有疑慮應立即進行耐震安全詳細檢測及評估。							

資料來源：參考文獻<sup>[51]</sup>。

表 2-60 公路橋梁耐震能力初步評估表－混凝土橋柱強度韌性評估

橋梁名稱：_____ 編號：_____ 振動單位：P ~ P						
設計年度： <input type="checkbox"/> 民國49年以前 <input type="checkbox"/> 民國49~76年 <input type="checkbox"/> 民國76~84年 <input type="checkbox"/> 民國84~89年 <input type="checkbox"/> 民國89年以後						
	項目	配分	評估內容		權重	評分
工址環境	震區係數	20	$W=(Z-Z_0)/Z_0 \leq 1.0$ ; Z: 現行規範之工址水平加速度係數; $Z_0$ : 設計之工址等值水平加速度係數			
	液化潛能	4	<input type="checkbox"/> 橋址位於液化區(1.0); <input type="checkbox"/> 砂質土層(0.5); <input type="checkbox"/> 無(0);			
結構系統	基礎裸露深度	8	<input type="checkbox"/> 基樁裸露或 $R \geq 2.0$ (W=1.0); <input type="checkbox"/> $1.0 \leq R < 2.0$ (W=R-1); <input type="checkbox"/> $R < 1.0$ (W=0); R=基礎裸露深度(m)/1.2m 或 R=基礎裸露深度(m)/基礎版厚度(m)			
	靜不定度	6	<input type="checkbox"/> 兩向均單柱式(1.0); <input type="checkbox"/> 壁式橋墩或橋台(0.5); <input type="checkbox"/> 一向具多柱式(0.25); <input type="checkbox"/> 兩向均多柱式(0);			
	橋柱高寬比	8	$R < 4$ , $W=(4-R)/2 \leq 1.0$ ; $R > 4$ W=0, R:橋柱高寬比			
	橋柱高度	4	W=橋柱高度H(m)/15 $\leq 1.0$ ; H $\geq 15$ m, W=1.0			
	振動單位中橋柱最高與最低之比值	6	<input type="checkbox"/> 大於 1.5 (1.0); <input type="checkbox"/> 1.5 ~ 1.1 (0.5); <input type="checkbox"/> 小於 1.1 (0);			
	斜交角度	6	$W = \theta^\circ / 45^\circ \leq 1.0$ ; $\theta^\circ$ :斜交角度			
	基礎型式	4	<input type="checkbox"/> 具直接基礎(1.0); <input type="checkbox"/> 具樁基礎(0.5); <input type="checkbox"/> 沉箱基礎(0);			
	橋柱裂損程度	10	<input type="checkbox"/> 嚴重裂損(1.0); <input type="checkbox"/> 裂損(0.5); <input type="checkbox"/> 微裂損(0.25); <input type="checkbox"/> 無裂損(0);			
其它異常現象	8	橋柱不直、跨度差異大、曲線橋、橋墩型式不同				
結構細部	設計年代	16	<input type="checkbox"/> 民國76年以前(1.0); <input type="checkbox"/> 民國76~84年(0.75); <input type="checkbox"/> 民國84~89年(0.5); <input type="checkbox"/> 民國89年以後(0.25);			
小計		100				
評估者			評估日期			
註: (1)評分=配分×權重; 其中權重可為各項目經計算所得之數值W或括弧中之數值。 (2)評定標準為: (3)若基樁裸露則安全有疑慮應立即進行耐震安全詳細檢測及評估。 (3)若基樁裸露則安全有疑慮應立即進行耐震安全詳細檢測及評估。						

資料來源：參考文獻<sup>[51]</sup>。

表 2-61 公路橋梁耐震能力初步評估表－鋼橋柱強度韌性評估

橋梁名稱：_____ 編號：_____ 振動單位：P ~ P						
設計年度： <input type="checkbox"/> 民國49年以前 <input type="checkbox"/> 民國49~76年 <input type="checkbox"/> 民國76~84年 <input type="checkbox"/> 民國84~89年 <input type="checkbox"/> 民國89年以後						
	項目	配分	評估內容		權重	評分
工址環境	震區係數	20	$W=(Z-Z_0)/Z_0 \leq 1.0$ ; Z: 現行規範之工址水平加速度係數; $Z_0$ : 設計之工址等值水平加速度係數			
	液化潛能	4	<input type="checkbox"/> 橋址位於液化區(1.0); <input type="checkbox"/> 砂質土層(0.5); <input type="checkbox"/> 無(0);			
結構系統	基礎裸露深度	8	<input type="checkbox"/> 基樁裸露或 $R \geq 2.0$ (W=1.0); <input type="checkbox"/> $1.0 \leq R < 2.0$ (W=R-1); <input type="checkbox"/> $R < 1.0$ (W=0); R=基礎裸露深度(m)/1.2m 或 R=基礎裸露深度(m)/基礎版厚度(m)			
	靜不定度	6	<input type="checkbox"/> 兩向均單柱式(1.0); <input type="checkbox"/> 壁式橋墩或橋台(0.5); <input type="checkbox"/> 一向具多柱式(0.25); <input type="checkbox"/> 兩向均多柱式(0);			
	橋柱高寬比	4	$R \leq 4$ , $W=(4-R)/2 \leq 1.0$ ; $R > 4$ W=0, R:橋柱高寬比			
	橋柱高度	10	H < 15, W=H/15; H $\geq 15$ , W=1.0; H: 橋柱高度(m)			
	振動單位中橋柱最高與最低之比值	6	<input type="checkbox"/> 大於 1.5 (1.0); <input type="checkbox"/> 1.5 ~ 1.1 (0.5); <input type="checkbox"/> 小於 1.1 (0);			
	斜交角度	6	$W = \theta^\circ / 45^\circ \leq 1.0$ ; $\theta^\circ$ :斜交角度			
	基礎型式	4	<input type="checkbox"/> 具直接基礎(1.0); <input type="checkbox"/> 具樁基礎(0.5); <input type="checkbox"/> 沉箱基礎(0);			
	其它異常現象	20	橋柱傾斜、變形、腐蝕、銲接品質不良、跨度差異大、曲線橋、橋墩型式不同等			
結構細部	設計年代	12	<input type="checkbox"/> 民國89年以前; <input type="checkbox"/> 民國89年以後(0);			
小計		100				
評估者			評估日期			
註: (1)評分=配分×權重; 其中權重可為各項目經計算所得之數值W或括弧中之數值。 (2)評定標準為: (3)若基樁裸露則安全有疑慮應立即進行耐震安全詳細檢測及評估。 (4)如發現鋼材有開裂現象應進行緊急評估確認其影響性。						

資料來源：參考文獻<sup>[51]</sup>。

表 2-62 公路橋梁耐震評估檢查表—落橋評估(一般橋梁)

橋梁名稱：		橋梁編號：	里程數：	振動單位：P ~P	評估者：	評估日期：	
設計規範版本：		<input type="checkbox"/> 民國 49 年版以前	<input type="checkbox"/> 民國 49 年及 76 年版	<input type="checkbox"/> 民國 84 及 89 年版	<input type="checkbox"/> 民國 97 年版		
項次	項目	配分	評估內容			權重	評分
G101	橋址環境	是否為第一類活動斷層近域	8	<input type="checkbox"/> 是(1.0) <input type="checkbox"/> 否(0)			
G102		地盤類別	4	<input type="checkbox"/> 臺北盆地(1.0) <input type="checkbox"/> 軟弱地盤(0.67) <input type="checkbox"/> 普通地盤(0.33) <input type="checkbox"/> 堅實地盤(0)			
G103		相鄰橋墩間地表土質變化	2	<input type="checkbox"/> 大(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 小(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)			
G104		液化可能性	6	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)			
G105	結構系統	相鄰兩振動單位結構系統差異性	8	<input type="checkbox"/> 大(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 小(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)			
G106		外懸梁	2	<input type="checkbox"/> 有(1.0) <input type="checkbox"/> 無(0)			
G107		梁端橋墩或橋台之斜角	4	$w = \theta^\circ / 90^\circ \leq 1.0$			
G108		縱坡坡度 S(%)	2	$w = S / 6\% \leq 1.0$			
G109		曲線橋(半徑 $\leq 100m$ 或交角 $\geq 30^\circ$ )	4	$w_1 = 1 - (r/100)$ ; $w_2 = (\alpha/30) - 1$ ; $w = \max(w_1, w_2)$ ; r: 半徑; $\alpha$ : 交角			
G110		基礎裸露程度	20	樁基礎: $w = 2.0 - 2.0(h_{left}/h)$ ; 沉箱基礎: $w = 1.43 - 1.43(h_{left}/h)$			
G111	結構細部	支承狀況	4	<input type="checkbox"/> 極差(1.0) <input type="checkbox"/> 不良(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 良好(0)			
G112		防落長度	20	當 $N \geq N_e$ , $w = (N - N_e) / (N/2) \leq 1$ ; 當 $N_e \geq N$ , $w = 0$ ; $N_e$ : 實際有效防落長度 $N$ : 84 年規範規定之防落長度; $N = 50 + 0.25L + H$			
G113		防落設施	12	<input type="checkbox"/> 兩向均無裝設(1.0) <input type="checkbox"/> 僅垂直行車向裝設(0.5) <input type="checkbox"/> 僅行車向裝設(0.25) <input type="checkbox"/> 兩向均有裝設(0) 註:(1)防落設施功能不良者, 權重再加 0.25。 (2)當 $N_e \geq 1.2N$ , 行車向視為具有防落設施, 且功能良好。			
G114		其他異常現象	4	橋柱垂直度、支承座至帽梁邊緣混凝土之異常狀況等			
分數總計			100				

資料來源：參考文獻<sup>[52]</sup>。



表 2-63 公路橋梁耐震評估檢查表－強度韌性評估(一般橋梁)

橋梁名稱：		橋梁編號：	里程數：	振動單位：P ~P	評估者：	評估日期：	
設計規範版本：		<input type="checkbox"/> 民國 49 年版以前	<input type="checkbox"/> 民國 49 年及 76 年版	<input type="checkbox"/> 民國 84 及 89 年版	<input type="checkbox"/> 民國 97 年版		
項次	項目	配分	評估內容			權重	評分
G201	橋址環境	是否為第一類活動斷層近域	8	<input type="checkbox"/> 是(1.0) <input type="checkbox"/> 否(0)			
G202		地盤類別	6	<input type="checkbox"/> 臺北盆地(1.0) <input type="checkbox"/> 軟弱地盤(0.67) <input type="checkbox"/> 普通地盤(0.33) <input type="checkbox"/> 堅實地盤(0) <input type="checkbox"/> 76 年以後設計(0)			
G203		液化可能性	6	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0) <input type="checkbox"/> 84 年以後設計(0)			
G204	結構系統	梁端橋墩或橋台之斜角	4	$w = \theta^\circ / 90^\circ \leq 1.0$			
G205		橋柱或壁式橋墩高寬比 R	6	當 $R \leq 2.5$ , $w = 1.0$ ; 當 $2.5 < R < 5$ , $w = (5 - R) / 2.5$ ; 當 $R \geq 5$ , $w = 0$ (取兩向評估之大值)			
G206		振動單位中橋柱、墩最高與最低之比	4	當 $r \geq 1.5$ , $w = 1.0$ ; 當 $1.0 \leq r < 1.5$ , $w = -2 + 2r$			
G207		橋柱或壁式橋墩靜不定度	6	<input type="checkbox"/> 兩向均靜定(1.0) <input type="checkbox"/> 一向具靜不定(0.5) <input type="checkbox"/> 兩向均靜不定(0)			
G208		基礎裸露程度	24	樁基礎： $w = 2.0 - 2.0(hleft/h)$ ；沉箱基礎： $w = 1.43 - 1.43(hleft/h)$			
G209		一般橋柱	柱底搭接與否	8	<input type="checkbox"/> 有搭接(1.0) <input type="checkbox"/> 無搭接(0)		
G210	塑鉸區箍筋細部		8	<input type="checkbox"/> 不符合耐震規定(1.0) <input type="checkbox"/> 部分符合耐震規定(0.5) <input type="checkbox"/> 符合耐震規定(0)			
G211	主筋斷點與箍筋細部		4	<input type="checkbox"/> 有斷點且箍筋較柱底少(1.0) <input type="checkbox"/> 有斷點但箍筋不少於柱底(0.5) <input type="checkbox"/> 無斷點(0)			
G212	橋柱與基礎劣化程度		8	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0) <input type="checkbox"/> 差(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 微(0)			
G209	結構細部	壁式橋墩底部鋼筋搭接與否	6	<input type="checkbox"/> 有搭接(1.0) <input type="checkbox"/> 無搭接(0)			
G210		縱、橫向鋼筋比與細部	8	<input type="checkbox"/> 不符合耐震規定(1.0) <input type="checkbox"/> 部分符合耐震規定(0.5) <input type="checkbox"/> 符合耐震規定(0)			
G211		主筋斷點與箍筋細部	6	<input type="checkbox"/> 有斷點且箍筋較墩底少(1.0) <input type="checkbox"/> 有斷點但箍筋不少於墩底(0.5) <input type="checkbox"/> 無斷點(0)			
G212		橋墩與基礎劣化程度	8	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0) <input type="checkbox"/> 差(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 微(0)			
G209	鋼橋柱	橋柱板之寬厚比	8	矩形柱 $\square \frac{b}{t} \geq \frac{43}{\sqrt{F_y}}$ (0) ; $\square \frac{43}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{b}{t} < \frac{63}{\sqrt{F_y}}$ (0.5) ; $\square \frac{b}{t} \geq \frac{63}{\sqrt{F_y}}$ (1.0) ; 圓形柱 $\square \frac{D}{t} \geq \frac{145}{\sqrt{F_y}}$ (0) ; $\square \frac{145}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{D}{t} < \frac{232}{\sqrt{F_y}}$ (0.5) ; $\square \frac{D}{t} \geq \frac{232}{\sqrt{F_y}}$ (1.0)			
G210		縱向加勁板寬厚比	6	$\square \frac{b}{t} \geq \frac{63}{\sqrt{F_y}}$ (1.0) ; $\square \frac{b}{t} < \frac{63}{\sqrt{F_y}}$ (0) ; unit : tonf-cm <sup>2</sup>			
G211		人孔位置	6	<input type="checkbox"/> 內灌混凝土高/人孔位置高 $\geq 0.4$ (1.0) ; <input type="checkbox"/> 內灌混凝土高/人孔位置高 $< 0.4$			
G212		橋柱銲接細部	8	<input type="checkbox"/> 全滲透銲(0) ; <input type="checkbox"/> 半滲透銲(1.0)			
G213		支承狀況與其他異常現象	8	支承強度與損壞狀況、橋柱垂直度、跨度差異大、曲線橋、橋柱型式不同、銲接品質不良、腐蝕等			
分數總計			100				

資料來源：參考文獻<sup>[52]</sup>。

依據上述初步評估表計算結果，可經由表 2-64 之判定標準評估橋梁安全度並建議後續處理對策。

**表 2-64 安全度評定標準及處理對策**

安全度等級	評定標準	後續處理對策
高	30≥初步評估總分	針對符合評定標準之評分種類，不須進行橋梁安全詳細評估，只需例行性的檢測及維護。
中	60≥初步評估總分≥30	針對符合評定標準之評分種類，應近期排定時程以進行橋梁安全詳細評估。
低	初步評估總分≥60	針對符合評定標準之評分種類，應立即進行橋梁安全詳細評估。

表 2-64 初步評估安全等級為中、低者表示安全有疑慮，可能需要進一步詳細評估，其間，可能需要伴隨有破壞性或非破壞性檢測。而一般性調查與目視檢測無法評定橋梁安全性或適用性時，亦可能需要借助於此類檢測。

除了初步評估表以外，公路總局『公路橋梁耐震評估及補強準則之研究』<sup>[52]</sup>還提供地震損失風險值法來初步評估耐震能力。地震損失風險值法，係以多種典型橋梁發生完全損壞、嚴重損壞、中度損壞與輕微損壞的正規化易損性曲線作為依據，配合受評橋梁之設計地表加速度、地盤種類、三維效應與橋梁斜交程度修正而得受評橋梁之易損性曲線，計算工址發生 475 年回歸期設計地震時該橋產生完全損壞、嚴重損壞、中度損壞與輕微損壞之或然率，乘上其對應的損失比後得該橋在設計地震發生下的損失風險值，再配合橋梁重要性指標加權予以平均後，即可進行後續篩選排序作業。惟該方法易損性曲線以橋梁之強度與韌性為主，不包含落橋損壞模式，而損失比亦僅考慮橋梁直接損失對應之修復成本與新建成本之比值，並沒有考慮其影響後果。有關公路橋梁易損性以及損失評估可參考「公路橋梁地震早期損失評估之資料庫建制與模組開發之研究」<sup>[55]</sup>。

#### 2.2.2.4 非破壞性檢測

非破壞性檢測(Nondestructive Testing, NDT)<sup>[41、56-58]</sup>是以不會破壞結構體之方式來檢測結構物內部之劣化現象及程度之一種方式，其原理是藉著聲、光、電、磁等媒介進行間接之檢測，通常較為精準、靈敏與快速，但因相對於目視檢測，相關儀器量測技術、理論與分析方法等技術層次要求更高。例如：針對混凝土強度與品質，衝錘法(Rebound Hammer Method)或反彈錘法利用衝錘的反彈數(Rebound Number)求得混凝土表面的硬度，來推估混凝土抗壓強度；超音波法以波速與強度間之關係來推測混凝土強度；其他還有攜帶式混凝土彈性波(應力波)法、利用混凝土的溫度變化來評估強度等均屬非破壞性檢測方法。其他的非破壞性檢測還包括鋼筋配置探測的透地雷達法、磁感應法與放射線檢測法，鋼筋銹蝕狀況檢測之腐蝕電位法、腐蝕速率法與透地雷達法，裂縫深度檢測超音波、敲擊回音法與放射線檢測法，變形檢測之 3D 雷射(Lidar)掃描法與數位影像分析法等。

#### 2.2.2.5 破壞性檢測

破壞性檢測<sup>[41、58]</sup>即是利用破壞性的方式進行取樣與試驗，大多僅進行局部性的破壞並於完成後修補復原。例如，混凝土鑽心取樣，檢測其強度與中性化程度，氯離子含量檢測、鹼骨材反應檢測等均屬破壞性檢測方法。在某些情況下，部份破壞性檢測是用來驗證非破壞檢測之結果是否正確。

#### 2.2.2.6 橋梁性能詳細評估

##### 1. 承載能力

公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範<sup>[47]</sup>，以耐荷係數或承載力評估係數 RF 來表示承載能力，RF 定義為現存活載重承載能力與活載重需求之比值， $RF \geq 1$  表示承載力無慮， $RF < 1$  需要限重、修補或改建。李有豐等<sup>[59]</sup>參考 AASHTO 以 LRFR<sup>[9]</sup>估橋梁載重能力之方式，

依據國內檢測評估之 D.E.R.&U. 評等法，建立橋梁現場檢測資料與承載能力評估之關聯性，研擬既有橋梁的承載能力詳細評估方法，其分析流程可分為八個步驟，如圖 2.11 所示。

除了計算法以外，亦可採用試驗量測的方式來評估或驗證。例如，靜載試驗和動載試驗可以直接瞭解結構在載重作用下的承載能力、實際工作狀態、變形行為與各種動力特性，試驗數據亦可驗證數值分析模型之正確性。其他如微振(Ambient Vibration)實驗利用環境對橋梁作用所產生的微小振動，可經由系統識別理論來分析系統的特性，微振量測資料或強震紀錄資料常被用於了解結構動力特性。

## 2. 耐震能力

張國鎮等<sup>[52]</sup>以及李有豐等<sup>[59]</sup>研擬 RC 橋墩三種破壞模式訂定對應的塑性鉸，可配合工程界熟悉的結構分析軟體，進行非線性靜力側推(Nonlinear Static Pushover)分析，再以容量震譜法<sup>[60]</sup>之觀念，迅速有效地評估出各等級地震作用下結構耐震性能點對應的地表加速度，代表橋梁的耐震能力。耐震能力詳細評估流程如圖 2.12。

## 3. 耐洪能力

橋梁耐洪能力評估，首先要調查基礎目前裸露的情形，再根據橋梁標高、孔徑大小、基礎埋置深度以及水文、河床地質等資料，計算遭遇洪水時橋墩基礎還會產生的沖刷深度<sup>[61]</sup>或採用經驗公式計算<sup>[62]</sup>，再計算基礎受力情形與基礎剩餘長度的承載力，就可求得耐洪之安全係數<sup>[63]</sup>。亦可以，直接採用數值模擬分析模式，檢核其性能指標(例如承載力、彎矩強度、剪力強度、轉角或變位等)是否滿足可接受標準。

而對於沖刷後基礎裸露橋梁，亦須檢討沖刷後之耐震能力<sup>[52]</sup>，其流程基本遵循圖 2.10，但數值分析模型會有所差異，例如：考慮土壤與基礎的互制作用，建立包含基礎結構之完整的結構分析模

型，在進行分析時，必須一併考量基礎可能產生的破壞模式，塑鉸可能產生於基樁頂部導致耐震能力不足。

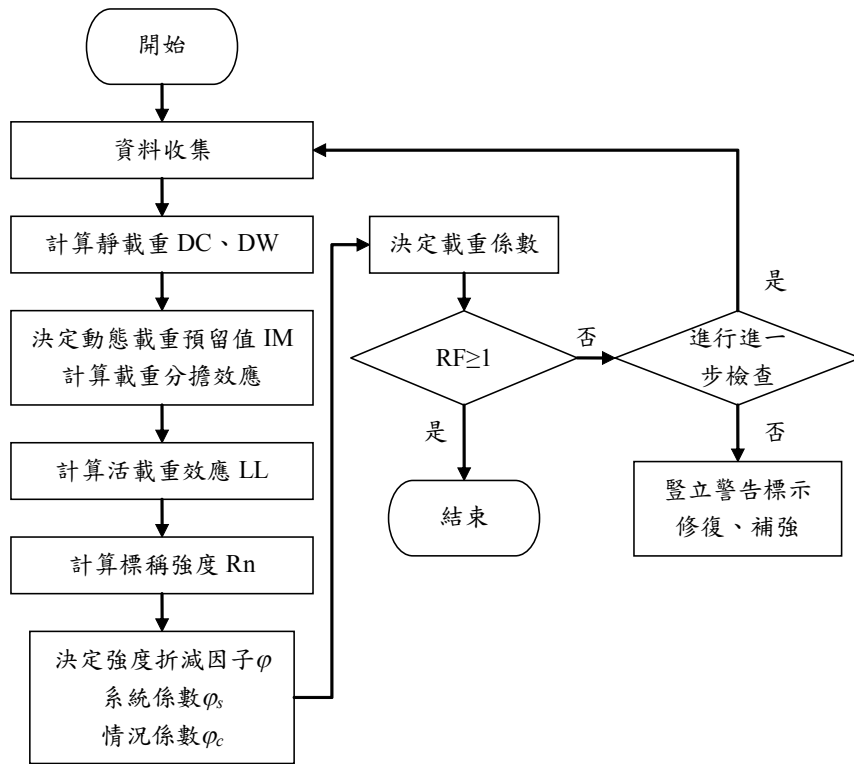


圖 2.11 梁承載能力分析評估流程圖

資料來源：參考文獻<sup>[59]</sup>。

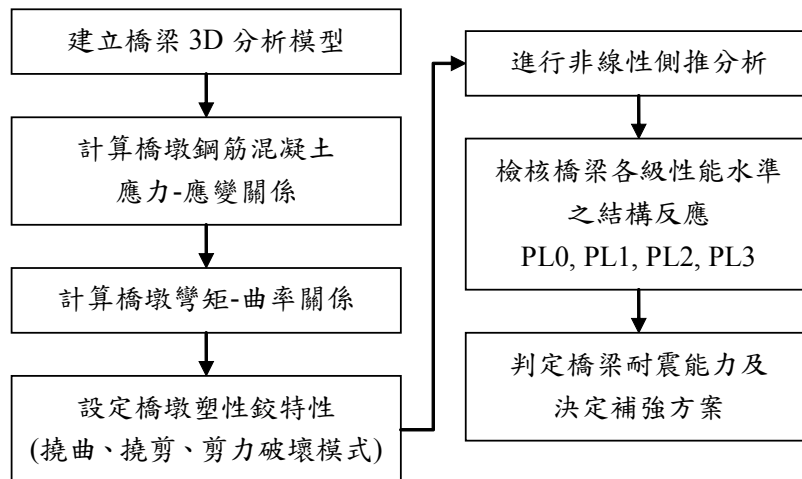


圖 2.12 耐震能力詳細評估流程

資料來源：參考文獻<sup>[52]</sup>。

#### 4. 疲勞安全評估(鋼結構橋梁)

對於未產生裂縫之鋼構件，要進行疲勞安全評估<sup>[47]</sup>，國內相關研究較少，通常會建議參考 AASHTO 相關手冊<sup>[9]</sup>或指南。疲勞安全評估是藉由計算鋼橋之疲勞年限，評估鋼橋於使用年限內產生疲勞破壞之可能性，以作為橋梁管理機關是否執行橋梁交通管制或維修補強之參考。鋼橋之疲勞安全評估包含兩個階段，第一階段為無限疲勞年限檢核，第二階段為計算有限疲勞年限。第一階段之無限疲勞年限檢核可採用最簡單、粗略但保守之模式估算，一旦依此方式推估之疲勞年限為無限大，則無需再進一步進行疲勞安全檢查。

##### 2.2.2.7 橋梁健康監測

橋梁健康監測是在橋梁上布設各類感測器做即時的檢測及診斷，監測系統可二十四小時監看結構的行為，並在結構物達安全預警的臨界狀態時，向主管單位發出警訊。但因為費用不便宜，通常是較重要或是有安全疑慮的橋梁才會布設這類即時監測系統。

臺灣大學羅俊雄教授開發一套以無線感測技術為基礎的橋梁健康監測系統<sup>[64]</sup>，該系統結合國家地震中心常用之微振儀 VSE-15D 與臺大土木系自行開發之無線感測單元 NTU-WSU-V02a，適合應用於監測大型橋梁的微振反應，同時，該無線感測單元也可支援不同類型的感測器以滿足不同的監測需求。目前該系統的應用方向在於監測橋梁受沖刷影響之下的行為變化，以結構系統識別與訊號處理的理論技術為基礎，透過真實橋梁長期監測資料收集與實驗模擬的方式建制合理的沖刷預警機制。該研究系量測上部結構之微振反應進行分析，施作上較為簡便且儀器安裝方面不受氣候之影響，惟其方法並非直接量測沖刷深度的改變而是藉由後續的訊號分析結果評估沖刷狀況，在發展過程中需要更多的實驗資料加以佐證。

臺灣大學張國鎮教授應用光纖光柵感測技術於橋梁結構及工程安全監測<sup>[65]</sup>，光纖感測器相較於其他傳統感測器具有下列優點：訊號傳

輸損失低、不受環境電磁干擾、耐久性高、相互干涉性低可多工使用等，此外，以光纖光柵應變感測技術為基礎，透過不同的轉換機制可開發出變位計與傾斜儀等不同物理量的感測器。在應用方面，該團隊受公路總局委託辦理南投縣集鹿斜張橋修復後的安全評估作業，即利用光纖應變感測器量測車載實驗過程中主梁箱涵內部的應變分布情況，藉此評估橋梁強度及修正結構分析模型。此外，該團隊亦將光纖技術推廣應用至沖刷監測，將不同波長之光纖光柵感測器安裝於不同基礎深度並予以串接，再藉由感測器之反應大小可即時監測河床沖刷狀態。該方法屬於直接量測代表損壞的物理量，但施作上較為困難且有可能會受限於河床條件而影響儀器安裝，同時，感測器以外的保護措施也需要妥善的安排才得以確保系統的耐久性及可靠度。

中華大學楊國湘教授運用夾式位移計可重複使用之優點取代傳統應變計做為量測橋梁結構受力變形的工具<sup>[66]</sup>，並結合分散式資料擷取系統與網路連線功能，建立一套遠端自動化的橋梁監測系統。該方法與光纖應變計之功能相仿，可直接由量測到的物理量初步判斷橋梁局部構件的狀態，如要評估橋梁整體的健康狀況則需要進一步的結構模型分析配合。

#### 2.2.2.8 橋梁生命週期維護管理

陳威廷<sup>[67]</sup>嘗試利用橋梁生命週期相關資料，設計完成安全性、耐久性二指標，進行生命週期成本分析，建立一套合理之評估建議準則，用以輔助橋梁管理者於生命週期各階段可以對每一座橋梁進行評估，並擬定適當的橋梁管理策略，以此方式期望解決橋梁在生命週期分析時資料繁雜不易處理的問題。除了指標評估外，並初步設計一個評估系統，針對生命週期各階段、各評分不同範圍提供狀態說明與專家建議資訊，此系統亦可提供使用者考量生命週期成本選擇較佳方案。

黃榮堯與許鎧麟等<sup>[68~69]</sup>蒐集國內橋梁生命週期成本項目及金額，結合國內橋梁管理系統，研擬適用國內橋梁環境之生命週期成本評估與結構使用年限模式，提供設計者及維護管理單位進行決策之參考。

其中，結構使用年限模式以不同環境下各使用年限對應之橋梁群狀況指標 CI 趨勢線來建立(圖 2.13)。許鎧麟等<sup>[70]</sup>指出橋梁延壽分析中必須考量結構本體的安全性、劣化狀況、所處環境造成之災害潛勢，以及用路人使用服務性、經濟性等進行綜合評估。

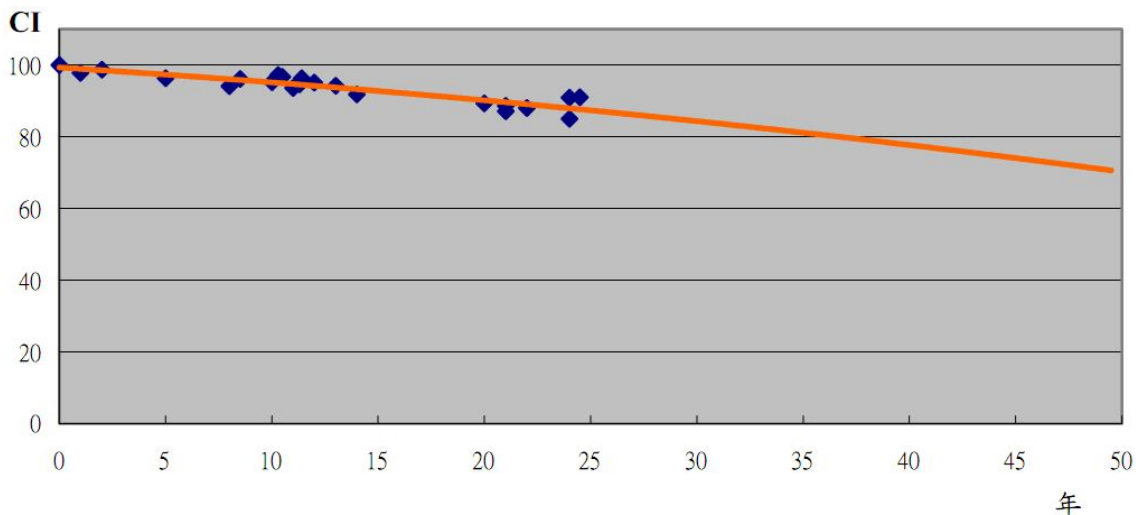


圖 2.13 近海橋梁結構使用年限趨勢曲線圖

資料來源：參考文獻<sup>[68]</sup>。

國立中央大學執行運研所的「縣市政府老舊及受損橋梁整建計畫(二)」<sup>[71]</sup>，係透過橋梁檢測資料分析與實地勘查進行安全評估，提出各橋梁整建必要性分析、研提改善方式及概估維修經費，並擬定橋梁分年建設期程，預定於 3 年內改善完成，達到維護橋梁安全，減少天然災害造成橋梁損壞與民眾生命財產損失，提高縣市政府所轄橋梁之服務水準，確保橋梁運輸之暢通，並維護往來人員之行車安全及延長橋梁壽齡，減少長期維護成本。

「RC 橋梁材料耐久性評估與殘餘壽命預測之研究」<sup>[72]</sup>針對鋼筋混凝土橋梁的材料劣化評估以及殘餘壽命預測進行研究。該報告對國外橋梁使用年限預測之發展進行回顧，期望從混凝土耐久性與鋼筋銹蝕機理著手提出殘餘壽命預測之模式。此類研究亦可參考國立臺北科技大學宋裕祺教授相關著作<sup>[73]</sup>與研究報告。



## 2.3 橋梁檢測相關資訊系統

### 2.3.1 國外資料

#### 2.3.1.1 美國

美國 Pontis<sup>[74]</sup>係由 FHWA 與 CALTRANS 共同出資，委託 Optima Inc.及 Cambridge Systematic Inc.兩家公司合作開發，目的在於系統整合橋梁的管理作業及決策工作，幫助政府有效掌握全國橋梁之現況。其發展過程中希望建立以下幾個里程碑：

1. 由 FHWA、加州交通運輸部(California Department of Transportation, Caltrans)和科技工作小組(TWG)共同地發展橋梁管理系統 Pontis 2.0。
2. 發展並開設橋梁檢測員和橋梁管理系統管理員的訓練課程。
3. 於 FHWA 中，建立一個橋梁管理系統專家和區域性的科技工作小組(TWG)之 FHWA 網路，以提供地方橋梁管理部門之橋梁管理系統訓練和支援。
4. 施行一般認可的構件(Element)，以便定義標準的橋梁構件，建立轉換主要構件狀況資料到 NBI 格式的標準方法。
5. 每州都應全面性使用橋梁管理系統。

Pontis 主要可區分為資料收集、資料分析以及資料應用三大部分：

#### 1. 資料收集

包括構件定義、構件初始基本資料、構件檢測資料(含缺陷照片或影像、示意圖、說明、報告)、養護資料(含維護、修補、修復)、改善資料、修補費用資料等。資料交換可以經由手持式電腦、區域電腦轉入 Pontis 伺服器。

最新 Pontis 5.2 會配合第 2.1.1.1 節所述 2010 年新頒佈之第 1

版「AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual」<sup>[20]</sup>進行更新，包括：結構與保護層或磨耗層區分開、新構材之定義、缺陷標誌說明構件現況、新的分級方式、複合指標模式、評估對象的新單位名稱。

## 2. 資料分析

歷史資料分析、劣化模型、狀況之現況分析與預測、優選、預算預測分析。

最新 Pontis 5.2 將提供更多的模組，包括多目標分析模組，可以針對所選擇的功能，經由各功能正規劃的指標曲線值進行加權，再進行排序。

## 3. 資料應用

最新 Pontis 5.2 將提供更多的決策支援模組，包括風險管理模組、生命週期成本分析模組以及各模組之整合，可以進行成本效益分析、了解決策與預算關係，並以圖表顯示。其中，風險管理主要考量洪水、地震、疲勞、承载力、劣化(耐久性)、意外交通事故、其他等危害。

### 2.3.1.2 日本

日本方面，日本建設省於 1988 年公佈橋梁檢測手冊，統一全國橋梁之檢查標準、檢測週期、並訂定檢測結果之標準處理事項等規定，且自 1990 年起隨著個人電腦之普及，發展出一套應用於個人電腦上的橋梁檢點資料系統 MICHI，含橋梁基本資料、檢查結果、構件受損型態、構件之狀況指標，對橋梁安全性及交通影響評定損害等級。於 1998 年結合營建資訊運籌管理(C-CALS)觀念，結合公共電子投標系統，研發橋梁維護管理資訊系統。簡言之係利用以往長期累積建立之資料庫，瞭解需辦檢測或維修橋梁資料，利用網上傳遞發包訊息後，由得標廠商上網下載橋梁發包之相關圖面及檔案，完成檢測後，進行

新檔編輯及繪圖，再利用電腦回傳至政府資料庫，經承辦人審查認可後，以電子簽章確認後，進行後續橋梁修補工作預算、時程規劃安排。隨後建設省亦研發生命週期之修補管理導向 BMS，包含健全評估模組與修補計畫模組，藉由劣化等級、橋梁重要性及經費等因素，以成本效益最佳化方式擬訂橋梁修補之優先順序。

J-BMS 為日本山口大學發展的橋梁管理系統，其紀錄包含橋梁基本資料、橋址、歷史維修紀錄、損壞現況及照片、檢測結果。著重於檢測、診斷、維護三個階段，主要三個模組分別如下：

### 1. 混凝土橋梁評等、維護計畫最佳化模組

可以計算橋梁的服務性等級，並利用多層的類神經網路預測劣化程度，用以建立一個考量以生命週期成本為基礎的維修及補強方法之理想維護計畫，在這個模組裡也應用遺傳演算法來找尋理想維護計畫的最佳化解答。

### 2. 護決策支援模組

由劣化預測，劣化評估，及輸入預算限制，選擇工作環境，針對效率及效益，提供決策者維護策略。

### 3. 資料管理模組

分成三個次模組：基本資料、檢測資料、維護及補強資料模組。

## 2.3.2 國內資料

### 1. 交通部－臺灣地區橋梁管理資訊系統<sup>[75]</sup>

行政院於民國 84 年起責成交通部積極進行各項橋梁安檢維護作業，交通部於民國 86 年 7 月完成「臺灣地區橋梁安全管理策略探討與制定」研究，建立中央橋梁管理系統及適合各橋梁主管單位使用之管理系統，結合地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)、全球定位系統(Global Positioning System, GPS)及網際網路，

以協助橋梁管理機關進行管理，提高橋梁服務水準，確保結構穩定性與安全性。

基於上述需求，交通部運輸研究所委託國立中央大學於民國 89 年開發完成「臺灣地區橋梁管理資訊系統」，提供交通部及其所屬單位如高公局、公路總局、臺灣鐵路管理局、以及內政部營建署和各縣市政府使用。系統主要透過網際網路進行運作，初期提供九大功能模組，分別為基本資料模組、檢測資料模組、維修紀錄模組、地理資訊模組、績效稽核模組、成本估算模組、整合性決策模組、參數設定模組以及統計分析模組。後期系統於 2008 年進行全面改版作業後，新系統已於 2009 年 5 月 20 日正式上線啓用。新系統並重新規劃為基本資料模組、檢測資料模組、維修記錄模組、統計分析模組、決策支援模組、地理資訊模組、防災資訊模組及系統設定模組，共八大功能模組。以下就新系統的八大功能模組進行說明如下：

#### (1) 基本資料模組

基本資料模組是整個橋梁管理系統的核心，所有的巡查、檢測及維修資料均建立於橋梁基本資料之上。橋梁基本資料包含主資料表、擴建資料表、橋台資料表、橋墩資料表、橋孔資料表、橋梁照片以及相關文件等部份。臺灣地區橋梁管理資訊系統中所使用的橋梁基本資料表如圖 2.14 與圖 2.15 所示。

#### (2) 檢測資料模組

檢測資料模組採用 D.E.R.&U. 目視評估法，使用者可將系統自動填入基本資料之空白檢測評估表列印後帶至現場填寫，檢測後再將檢測資料輸入系統並列印彙整成報告。橋梁定期檢測主表如圖 2.16 所示。

* 橋梁名稱		* 使用狀態 正常使用	
橋梁編號		* 設施種類 橋梁	
管理資料			
* 所在縣市	* 管理機關	* 轄下機關	路線
橋頭里程	所在區鄉	* 道路等級	最近一次維修年月
造價	橋尾里程	竣工年月	年 月
交流/匝道	合約編號	改善長度	
設計單位	巨額編號	施工單位	竣工圖說保存地點
檢測週期	跨越物	年平均每日交通量	不詳
參考地標			
河川資料			
* 是否為跨河橋 是			
* 跨越河川類別	* 河川管理單位	河川名稱	
上游500公尺構造物			
下游500公尺構造物			
上游最近水位站	計畫洪水位	計畫河寬	
計畫堤頂高程	設計河床高程	設計橋梁出水高	
幾何資料			
橋梁總長	A1墩橋版長度	A2墩橋版長度	
最大淨寬	最小淨寬	橋版投影面積	
總車道數	* 總橋孔數	最大跨距	
跨距分配			
最高橋墩高度	最低橋上淨高	最低橋下淨高	
橋頭GPS經度	橋頭GPS緯度	橋尾GPS經度	橋尾GPS緯度

圖 2.14 橋梁基本資料表(管理、河川、幾何資料)

資料來源：參考文獻<sup>[75]</sup>。

結構資料			
* 結構型式	<input type="checkbox"/> 版橋	<input type="checkbox"/> 梁式橋	<input type="checkbox"/> 箱型橋
	<input type="checkbox"/> 桁架橋	<input type="checkbox"/> 懸索橋	<input checked="" type="checkbox"/> 斜張橋
	<input type="checkbox"/> 吊橋	<input type="checkbox"/> 簡支梁	<input type="checkbox"/> 其他
支撐類型	* 主梁材質	主梁型式	鋼橋接合型式
橋梁型式	橋面版材質	鋪面材質	伸縮縫型式
支承型式	橋台型式	橋台基礎型式	實齒型式
橋墩材質	橋墩型式	橋墩基礎型式	
橋墩基礎基礎深度	橋墩基礎基礎深度		
橋墩基礎保護工法	<input type="checkbox"/> 拋石	<input type="checkbox"/> 蛇籠	<input type="checkbox"/> 混凝土塊
	<input type="checkbox"/> 包漿	<input type="checkbox"/> 攔沙堰	<input type="checkbox"/> 單階跌水工
	<input type="checkbox"/> 導流丁壩	<input type="checkbox"/> 其他	<input type="checkbox"/> 無
特殊結構資料			
橋墩材質	橋墩型式	主纜索型式	
吊索型式	吊索佈置型式	索面系統型式	索面佈置型式
拱上結構型式	橋面版位置	拱圈材質	樓層材質
吊杆材質	立柱材質	鋼索型式	鋪定裝置
設計資料			
設計活載重	地震種類	防震設施	防落橋長度
橋梁所在震區	設計水平地表加速度	設計垂直地表加速度	
附註			
附註			
建檔資料			
建檔人員	建檔單位	資料原始紀錄日期	資料最新修改日期

圖 2.15 橋梁基本資料表(結構、特殊結構、設計資料與備註)

資料來源：參考文獻<sup>[75]</sup>。

橋梁名稱	第二尖山橋		橋梁編號	0010-009	
橋梁總長	7M	橋梁淨寬	18M	總橋孔數	1
道路等級	省道	路線	臺1甲線	竣工年月	62年10月
橋頭里程	16K+500M	橋尾里程	K+M		
檢測日期	2009-08-11		檢測單位	中央大學	
檢測員	楊文賢		單位主管	姚乃嘉	
檢測員意見	快速輸入 <input type="text"/> <input type="button" value="v"/> <input type="text"/>				
CI	PI		規範PI		
<input type="button" value="送出修改內容"/>					

橋梁定期檢測評估子表(1/1)						<input type="button" value="檢視內容"/>
起始橋墩	A001	終止橋墩	A002	總跨數	1	跨
本段橋長	7	結構形式	梁式橋			
CI	99	PI	98	規範PI	98	

圖 2.16 橋梁定檢主表

資料來源：參考文獻<sup>[75]</sup>。

當橋梁「結構型式」為特殊型式時，「特殊結構資料」則會自動開啟相關對應欄位供使用者填選。舉例：當「結構型式」為斜張橋時，則「特殊結構資料」會開啟「橋塔材質」、「橋塔型式」、「索面系統型式」、「索面佈置型式」、「鋼纜型式」及「錨定裝置」等欄位。該系統亦有「擴建紀錄」、「照片簿」、「圖文上傳」等功能。

此外，系統提供新增、查詢、刪除、修改與列印檢測紀錄表之功能。查詢功能的部分，可依使用者所需之條件篩選所需要之橋梁。假設以「第一區養護工程處」且工務段為「中壢工務段」，道路等級為「省道」，路線為「臺1甲線」等條件進行篩選，即可找尋到如圖 2.17 所示之橋梁檢測資料，同時列出橋梁評估指標 CI 與 PI 的結果。

圖 2.17 定期檢測篩選列表

資料來源：參考文獻<sup>[75]</sup>。

(3) 維修紀錄模組

維修紀錄模組提供使用者將橋梁維修之資訊，以合約之方式記錄於系統當中。在該系統中，對維修契約與維修記錄提供新增、查詢、編輯、刪除、修改與列印檢測紀錄表之功能，也提供廠商基本資料的新增、查詢、編輯與刪除之功能。圖 2.18 為橋梁維修契約主表。

輸出WORD檔案					
*管理機關	交通部公路總局	*養護工程處	公路總局第一區養護工程處	*養護工務段	中壢工務段
*契約類型	<input type="text" value=""/>				
工程編號	<input type="text" value=""/>	*合約編號	<input type="text" value=""/>	*承辦人員	<input type="text" value=""/>
*工程名稱	<input type="text" value=""/>				
*合約金額	<input type="text" value=""/> 元	總工期(天)	<input type="text" value=""/>	結算金額	<input type="text" value=""/>
開工日期	<input type="text" value=""/>	完工日期	<input type="text" value=""/>	驗收完成日期	<input type="text" value=""/>
附註	<input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/>				
搜尋廠商					
廠商資料					
*承包廠商名稱	<input type="text" value=""/>	*負責人姓名	<input type="text" value=""/>	*聯絡人	<input type="text" value=""/>
*廠商所在縣市	<input type="text" value=""/>	廠商電話	<input type="text" value=""/>	傳真電話	<input type="text" value=""/>
廠商地址	<input type="text" value=""/>				

圖 2.18 橋梁維修契約主表

資料來源：參考文獻<sup>[75]</sup>。

(4) 統計分析模組

統計分析模組提供各個單位管轄橋梁、某一縣市橋梁及不同道路等級之數量分等進行統計分析，亦可輸出圖表進行列印或匯出成檔案，其功能包含有橋梁特性分析、橋梁數量統計、

橋齡統計、橋梁長度統計、橋版面積統計、結構型式統計、成長趨勢分析、橋梁檢測資料排序及統計、交叉分析等。圖 2.19 為公路總局第一區養護工程處中壢工務段示範的橋齡統計結果。

選取分析範圍		選取分析種類	
管理機關	交通部公路總局	<input type="radio"/> 平均橋齡	
養護工程處	公路總局第一區養護工程處	<input type="radio"/> 橋齡排序	降霖 形式
養護工務段	中壢工務段	<input type="radio"/> 橋齡	_____ 年以上
所在縣市	桃園縣	選取X軸分析項目	
所在區鄉		<input checked="" type="radio"/> 分建造年度	每 <input checked="" type="radio"/> 20 年為一組
道路等級		<input type="radio"/> 分橋齡	每 <input type="radio"/> _____ 年為一組
路線		選取Y軸分析項目	
竣工年	_____ 年以前	橋梁長度	
使用狀態	正常使用		
設施種類			
跨河橋			

重新輸入

**開始查詢**

橋梁總筆數：199座		
民國(年)	Y軸-橋梁長度	數量(座)
40-60	416.3	22
60-80	3371.4	93
80-100	31889.7	83
不詳		0
其他		1

下載EXCEL    統計圖表

圖 2.19 橋齡統計範例

資料來源：參考文獻<sup>[75]</sup>。

#### (5) 決策支援模組

決策支援模組包含四大功能，檢測預算編列、維修成本估算、橋梁維修排序及維修經費分配。

#### (6) 地理資訊模組

地理資訊模組係利用 GIS 圖形界面提供使用者更為簡易的橋梁查詢功能，於電子地圖上直接顯示橋梁所在位置，點擊兩下橋梁圖示後即可連結至該橋梁之基本資料中。

#### (7) 防災資訊模組

本模組可提供使用者查詢即時河川水位資料、即時水庫測站資料及即時雨量等水情資料，並可設定橋梁防災預警條件。以利橋梁管理單位於汛期期間或遇颱風、豪雨時，有一參考之數據。



## (8) 系統設定模組

系統設定模組提供有權限之使用者管理個人資料、帳號及公告區之用，亦提供留言板功能作系統使用者回報訊息及提供建議之平台。

## (9) 其它管理單位

高公局<sup>[41、76]</sup>於民國八十七年開發完成「國道高速公路局橋梁養護管理系統」，包括含有基本資料、檢測資料、維修資料、維修工法與單價資料等資料庫，以 D.E.R.&U.法為主的檢測評估子系統，以及含有(1)基本資料模組、(2)檢測資料模組、(3)統計分析模組、(4)耐震檢測模組、(5)優選排列模組、(6)預算編列模組與(7)維修資料模組等不同功能之管理模組，以滿足其橋梁養護管理之需求。公路總局所開發之橋梁管理系統係為國立中央大學橋梁中心合作開發完成，為全國最早實用之橋梁管理系統，系統內包含基本資料、檢測資料、維修紀錄、統計分析、維修成本估算、橋梁狀況排列、網路伺服器資訊交換及 GIS 空間查詢分析等八個模組。鐵路局於民國 88 年委託中華顧問工程司開發「鐵路橋梁資料建檔管理系統」，系統包含基本資料、檢測資料、統計分析三模組以及查詢與編輯功能。其他如港務局<sup>[77、78]</sup>、各縣市政府單位等均依據不同需求開發系統，各管理單位以基本資料、檢測資料、統計分析或決策分析為主要考量，但均需要考慮與符合臺灣地區橋梁管理資訊系統架構，以便進行資料交換。

## 2. 學術單位

### (1) 網際網路之橋梁管理雛型系統<sup>[79、80]</sup>

該系統為臺灣大學土研所與臺北科技大學土防所共同合作開發，主要是針對架構在網際網路上之橋梁管理系統開發一雛型示範系統。與其他同時期所開發的系統不同點在於採用當

時較新的技術來實作，包括以當時正蓬勃發展的全球資訊網 (World Wide Web, WWW) 為主的網路架構、適合處理多媒體型態資料的物件關聯式資料庫 (Object-Oriented Database, OODB)、以 HTML 撰寫的網頁。

目前國內橋梁定期檢測多採用 D.E.R.&U. 目視檢測評估法，此方法雖為一經濟快速之橋梁檢測方式，但多仰賴檢測員之經驗判斷，對於橋梁檢測工作不熟悉之人員，其目視檢測結果之可靠度備受質疑。因此，部分研究利用專家系統輔助檢測員判斷橋梁狀況，以提升檢測結果之可信度。

陳瑞霖<sup>[81]</sup>於 1997 年發表針對公路鋼筋混凝土橋梁之橋梁檢測評估系統，該系統共分五個模組：基本資料表、初步評估基本資料表、耐震能力評估表、載重能力評估表、耐洪能力評估表。系統之知識來源擷取自多次之研討會及橋梁檢測相關研究，並專家提供之公路橋梁評估計算表，結合專家知識及電腦快速運算之優點。

## (2) 橋梁檢測評估專家系統

王詠民<sup>[83]</sup>於 1997 年發表一套「橋梁檢測評估專家系統」，該系統共分五個子系統：耐震評估、載重評估、河川沖刷影響評估、個別元件評估、系統輔助工具。該研究匯整橋梁檢測評估之專業知識及經驗，整理歸納並建立專家知識庫，並在系統輔助工具中提供高公局橋梁維修材料規範手冊、橋梁一般目視檢測手冊、橋梁維修養護手冊之全文檢索。

## (3) 橋梁目視檢測專家系統

柯天祥<sup>[84]</sup>於 2000 年開發一套採用 D.E.R.&U. 目視檢測法之「橋梁目視檢測專家系統」，利用系統之推理引擎及知識庫，搭配劣化照片及文字，協助使用者判斷橋梁劣化狀況，系統最後計算出相關評估指標，並建議適當之維護措施與維修估算，

供管理單位後續維護參考。

#### (4) 無線 DER 檢測評分系統

饒珉菘<sup>[85]</sup>於 2002 年開發一套在 PDA 上使用之「無線 DER 檢測評分系統」，利用 PDA 之可攜性，使用者可透過無線網路下載橋梁基本資料和圖片，並現場上傳檢測完成之資料。該系統以即時性資訊、簡化工作流程、資料篩選與統計等三項優勢為考量，輔助已有的系統工作流程。

#### (5) 橋梁目視檢測自動化輔助系統

廖先格<sup>[82]</sup>於 2005 年建置一套於可攜式平板電腦上之「橋梁目視檢測自動化輔助系統」，以協助檢測員快速而正確地得到檢測結果。檢測員可從「臺灣地區橋梁管理資訊系統」下載欲檢測之橋梁基本資料，於現場檢測時，僅需根據系統所提供之劣化照片及狀況說明文字，比對並點選劣化程度，系統則自動判斷並記錄橋梁之 D、E、R、U 值，並可將檢測結果傳回橋梁管理系統。系統之構件劣化判斷介面如圖 2.20。



圖 2.20 構件劣化判斷介面

資料來源：參考文獻<sup>[82]</sup>。



### 第三章 國外目前橋梁檢測作業探討分析

#### 3.1 國外目前橋梁檢測作業分析比較

由於臺灣橋梁設計偏美國、日本系統，在此藉由比較檢視兩國與國內橋梁檢測制度(詳第四章與第五章)之異同處，期能獲得有益於我國發展橋梁檢測制度之參考。國內公路橋梁檢測制度與美、日橋梁檢測制度比較如表 3-1。

表 3-1 美日兩國橋梁檢測制度比較表

國家	美國	日本	臺灣
檢測法規	規範、手冊、指南	手冊	規範、手冊、作業要點
檢測組織	專案管理、分工與權責清楚	檢測員+監督員負責制	多無專職人員
人員資格	人員資格限制、提供多種途徑、強調教育訓練	檢測員資格限制、提供多種途徑、強調實務經驗	規範解說提供多種途徑，但實際多無強制人員資格限制，提供年度教育訓練機會
檢測等級	初始檢測、定期檢測、損傷檢測、深化檢測、特殊檢測	初期檢測、平常檢測、定期檢測、詳細檢測、臨時檢測	經常巡查、定期檢測、特別檢測(半年檢測、詳細檢測...)
檢測頻率 (e.g.定檢)	定檢 2 年 1 次，提供彈性增減；經允許，最低 4 年 1 次	平常檢測頻率依交通量定；定檢頻率 1 年 1 次，允許彈性調整	巡查頻率依交通量定；定檢第 5 年第 1 次、至少 2 年 1 次，提供彈性增減，核准最低 4 年 1 次
檢測方式	非破壞性檢測、破壞性檢測		
評估方法	構件損傷程度與範圍 (Smart Falg、Multi-path) → 部位損傷 → 橋梁能力(人員判斷+量化指標)	構件詳細劣化情形 → 構件損傷對功能面之影響評等(人員判斷+會議)	構件損傷程度、範圍、影響、急迫性 (D.E.R.&U.為主)；亦有納入劣化模式評估。(人員判斷)

根據表 3-1 彙整之結果，以下分別就檢測相關法規、檢測人員之編制、檢測人員資格、檢測等級、檢測頻率及評估方法等進行總結。

### 3.1.1 檢測相關法規

美國在橋梁檢測相關法規，包括 FHWA 制定的規範，及 AASHTO 提供的檢測作業手冊、人員檢測相關規定等等手冊，並持續更新相關內容。日本則以 JH 的「道路構造物点檢要領(案)」及國土交通省的「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領(案)」與「梁定期点檢要領(案)」為橋梁檢測的主要依歸。

### 3.1.2 檢測人員編制

美國因採專案管理，在檢測小組成員的規定上，僅對專案管理員、小組負責人、載重評估人員與潛水檢測人員職位進行規定，對於小組成員之組成與運作方式並未特別規範。日本橋梁檢測的規定，對於檢測小組成員之職稱，人數，工作項目等，均有初步之規定，並對於檢測車上之配置與在其他狀況下的人員配置，亦作了規範。

### 3.1.3 人員資格限制

美國在檢測小組成員的資格上，對專案管理員、小組負責人、載重評估人員與潛水檢測人員等之資格有所規定，從專業性、學歷、橋檢經驗年資、考試以及完整的教訓練等方面，提供多種滿足資格的途徑。日本在檢測小組的成員資格限制，主要採取學歷與實務經驗並重的方式，基本學歷越高的檢測員，其所要求的實務經驗年限便可以較低。

美日兩國均認同實務經驗的重要性，但美國對負責不同工作之人員資格規定更為詳細完整，且有彈性，並輔有完整的橋梁檢測訓練課程，可以讓評估標準較為一致。

### 3.1.4 檢測等級

美國的初始檢測與日本的初期檢測均可以達到儘早建立橋梁基本資料，掌握原始狀況之目的。美日均有定期檢測。美國的損傷檢測、深化檢測，與日本的詳細檢測相似。美國的特殊檢測與日本的臨時檢測也同樣是對有異狀之橋梁採監測方式等持續監測檢測。

### 3.1.5 檢測方法

美日兩國均依檢測作業之類型不同，而區分為採用的方式，如日常檢測主要採車行等目視檢測方式，而其他如定期檢測等則因檢查項目較為詳細，除了目視檢測以外，也增加了儀器檢測的比重。

### 3.1.6 檢測頻率

美國定檢頻率為兩年一次，除了有提高頻率的彈性以外，若經由過去橋檢與分析結果可以降低檢測頻率者，經 FHWA 許可，亦可降低檢測頻率，但不可超過四年一次。日本的平常檢測頻率依交通流量而不同，定檢頻率仍統一規定為一年一次，但允許根據過去的檢查結果和構造物的狀況，及考慮到環境條件和使用條件下，因應調整檢測的頻率。

美日均依據不同的檢測等級來規定頻率。越輕易達成的或花費時間越短的，檢測的頻率也越高；如日本的平常檢測可以幾天執行一次，對車流量高的橋梁，甚至每天都需要進行檢測，而橋梁詳細檢測，則可能延長到十年一次。另一個相似之處是美日兩國於檢測頻率上均提供彈性調整。

### 3.1.7 評估方式

美國 NBIS 由橋梁構件損傷判定各部位之損傷現況，作為評估橋梁是否有結構缺陷以及計算橋梁承載能力、結構安全、服務與功能性與綜合能力指標之依據，輔助決策橋梁是否需要修補或重建。日本對橋

梁各構件，提供不同損傷等級的判定標準，也說明檢測應留意事項、檢測方法、損傷著眼位置及損傷(如龜裂)圖樣等，以輔助檢測員進行實施檢測及損傷判定。

### 3.2 國內借鏡之建議

國內外各橋梁劣化評估皆依該國環境、氣候、橋梁特性、檢測方式及評估需求等發展出適合該國之檢測評估系統且各有其優缺點。國內也因國情不同，並不能完全參照美日或其它國家之檢測制度及內容，但國外做法仍有值得借鏡之處。根據美日檢測制度與內容之分析及比較後，以下條列出國內目前已借鏡之內容以及可供未來借鏡之建議。

#### 1. 已借鏡內容

- (1) 美國橋梁檢測的依循法規制度較為完備，除了有規範之訂定，在檢測的方法上，亦有如 AASHTO 手冊、指南等，使檢測工作有所依據。國內亦有橋檢作業相關養護規範、養護、檢測與評估手冊、檢測作業要點等。
- (2) 在檢測頻率方面，美日均統一規定定檢頻率，但都提供彈性調整。特別是美國，除了有提高頻率的彈性以外，若經由過去橋檢與分析結果可以降低檢測頻率者，經 FHWA 許可，亦可降低檢測頻率，但不可超過 4 年 1 次。國內公路養護手冊<sup>[25]</sup>相關規定基本一致，亦指出維護單位如計畫將某些特定橋梁之檢測間隔延長至四年，則應提出詳細計畫及資料，送經管理單位「橋梁檢測維護小組」核准。
- (3) 日本經由構件詳細劣化情形判定構件損傷對功能面影響之等級，國內 A.B.C.D.N.法與其一致，惟因較為費時，僅於公路鋼結構橋檢中將其精神納入 D.E.R.&U.法。
- (4) 日本對橋梁各部位與構件，提供不同損傷等級的判定標準，會



針對檢測應留意事項、損傷著眼位置及損傷(如龜裂)圖樣等進行說明，以輔助檢測員進行實施檢測及損傷判定。國內相關手冊、研究報告與書籍等也有類似作法。

- (5) 美國由 FHWA 提供完整的橋梁檢測訓練課程，國內每年也統一由交通部辦理。
- (6) 美國橋梁承載能力評估法已被國內借鏡，研擬橋梁承載能力詳評方法。
- (7) 美日兩國均認同實務經驗的重要性，美國對負責不同工作之人員資格規定更為詳細完整，從專業性、學歷、橋檢經驗年資、考試以及完整的教育訓練等方面，提供多種滿足資格的途徑。國內相關規範解說亦有類似建議，惟須進一步落實。

## 2. 未來可借鏡之建議

- (1) 在人員編制的部分，美日都有相關的規定，以落實檢測工作分工，也可對不同職位的人員，有不同的資格要求限制，以確保檢測品質與結果的正確。國內檢測人員資格已於相關規範解說中提供多種途徑，據悉，未納入條文之原因是考慮配合技師法對技師執業範圍之規定、規範解說仍有等同於規範條文之法律效力、強化管理單位負責制以及交通部已於每年度定期辦理相關教育訓練，另外，橋檢人員培訓需求能量不足以設立專職培訓機構，建議在目前的制度下，招標契約中明訂承包商檢測人員資格，特別是受訓時數及檢測經驗實績；另針對橋管單位之相關人員提供在職訓練，提升專業與技術能力。未來可朝向建立執照制度發展。
- (2) 在檢測等級方面，美國的初始檢測與日本的初期檢測均可以達到儘早建立橋梁基本資料與初始檢測，掌握原始狀況之目的，非常值得國內借鏡。
- (3) 日本區分檢測員與監督員，構件損傷評等由監督員把關。無損

傷或輕微損傷者由檢測員向監督員報告及採取對應的處理措施；有疑慮或較嚴重損傷或者發現對第三者有影響等，還需立即召集包含監督員等(監督員、副監督員、主任助理監督員、助理監督員)多數人員召開會議，以進行損傷、變形狀況的判定，並決定對應的處置方法。而且，在判定會議中，判定為AA·E時，現場應採取緊急對應措施。即使是在休假日、節慶日等，不可能由多數人員召開判定會議時，仍得以電話等代替不足人數。此方式有利於發揮群體智慧。

- (4) 美國由構件(Element)損傷等級，彙集為部位(Component)損傷等級，再作為全橋能力評量依據，橋梁系統分層級拆解，應用於不同橋型與材質彈性較大。
- (5) 美國橋梁能力綜合考量結構承載能力與安全(55%)、使用服務功能(30%)以及公眾服務重要性(15%)，並考慮替代道路距離、交通安全特性以及結構型式微調(13%)。其中，橋梁現況主要影響結構承載能力與安全，以及使用服務功能。而橋梁之承載能力需要由專業人員詳細評估。橋梁能力評等可作為維修或改建之優先順序之參考及美國聯邦政府預算經費編列及核撥之依據。此作法將橋梁檢測、性能評估以及維管決策串接起來。
- (6) 依據前面文獻回顧內容，美國 2010 年新頒佈之第 1 版「AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual」<sup>[20]</sup>將以 NBE 替代既有 CoRe Element，針對影響結構承載與安全性的主要構件改用對應損傷模式的現況缺陷標誌(Defect Flag 或 Smart Flag)來說明，有如針對主要構件於 D.E.R.&U.法中納入 A.B.C.D.N.法之精神，並以多段式模式(Multi-Path Model)評估不同損傷程度對應之損傷範圍，可減小人為判定變異性。
- (7) 橋梁管理系統納入風險管理模組以及多目標最佳化模組。

## 第四章 國內橋梁檢測作業規定探討分析

依臺灣地區橋梁管理資訊系統中統計，截至 99 年 9 月 6 日為止，正常使用的橋梁共 27,533 座(不含臺北捷運、高雄捷運及高速鐵路)，各主要橋梁管理機關所轄橋數如圖 4.1 所示<sup>[28]</sup>，中央機關以公路總局、高公局與鐵路局為主。本章除了說明交通技術標準規範「公路養護手冊」規定以外，亦將比較公路總局、高公局與鐵路局橋檢作業相關規定。

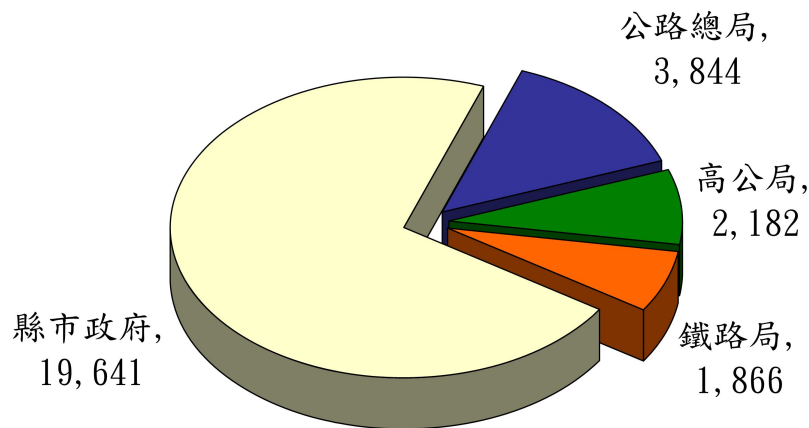


圖 4.1 臺灣地區主要橋梁管理機關所轄橋數統計

資料來源：參考文獻<sup>[28]</sup>。

### 4.1 公路養護手冊

交通部公布的交通技術標準規範「公路養護手冊」<sup>[25]</sup>為相關單位於橋梁檢測作業執行有所依據，其附錄將公路設施分為：路基及邊坡工程、鋪面工程、橋梁工程、隧道工程、排水設施、交通安全設施、交控及通信設施、沿線路權內附屬建築物及機電設施及景觀設施及植生等九大類，並再細分為五十項檢查項目，此亦為目前公路總局橋梁檢測與養護之主要依據。其中，「公路養護手冊」對橋梁檢測之方式、頻率及攜帶器具等均有相關規定，亦彙整如表 4-1。

表 4-1 公路養護手冊橋梁檢測相關規定

項目	相關規定
<p>檢測等級及辦理方式</p>	<p>1.經常巡查 係平時實施之橋梁異狀、損傷檢測。檢測重點在於對用路人造成影響，需緊急維修之異狀、損傷。 平時巡查原則上以二人一組，共乘一部巡查車，由車上以目力檢視橋梁構造物各種狀況，若發現有可疑之處，應下車檢查。</p> <p>2.定期檢測 定時對橋梁所有構件實施全面檢測，及確認經常巡查記錄記錄之橋梁異狀、損傷。檢測重點在在掌握橋梁結構安全，早期發現構件之劣化程度並評估對橋梁功能損傷及其原因。定期檢測係利用徒步或攀登方式或特殊機械車輛儘可能接近橋梁構造物，予以較詳盡之檢查，以鑑定橋梁構造物之安全情形。</p> <p>3.特別檢測 由天災(如颱風、豪雨、地震造成之災害)或人為破壞因素(如火災或車輛撞損主梁等人為損壞)引起之災害，致可能損傷橋梁結構所做之不定期檢測。 檢測重點在針對災後或事故後或其他目的，探討是否造成橋梁功能損傷及是否需維修、補強。</p>
<p>檢測項目</p>	<p>檢測可分為影響橋梁結構安全及影響交通安全兩方面。影響橋梁結構安全之構件主要有 9 項，影響交通安全者 11 項，不包括在此 20 項時另列為「其他」1 項，合計 21 項作為檢測評估項目。詳如下：</p> <p>1.影響橋梁結構安全之項目： 橋墩保護設施，橋墩基礎，橋墩墩體，支承墊，止震塊或防震拉桿，伸縮縫，主構件(大梁)，副構件(橫隔梁)，橋面版或鉸接版，計 9 項。</p> <p>2.影響交通安全之項目： 引道路堤，引道護欄，河道，引道路堤之保護設施，橋台基礎，橋台，翼牆或擋土牆，摩擦層，排水設施，緣石及人行道，護欄，計 11 項。</p> <p>3.其它： 供不在上述諸項，必要時使用，計 1 項。</p>
<p>檢測表格</p>	<p>在公路養護手冊<sup>[25]</sup>中提供橋梁基本資料表、橋梁定期檢測資料表、橋梁特別檢測評估表，分別如表 4-2、表 4-3 與表 4-4。</p>
<p>檢測時機</p>	<p>視公路之重要性及各養護單位之編制而異，原則上其檢查頻率如下：</p> <p>1.經常巡查： 參照第二章養路巡查相關規定辦理。</p> <p>2.定期檢測：</p>

項目	相關規定
	<p>檢測頻率視橋齡、交通特性、維護狀況及橋址環境等因素而定，由維護單位負責評估。原則上每二年至少檢測一次，惟橋梁跨徑超過一百五十公尺或特殊類型橋梁，如斜張橋、<math>\pi</math>型橋或鋼拱橋等，每年應檢測一次。完工五年內之新建橋梁若無特殊情況，應自完工後之第五年進行第一次定期檢測，而後續之檢測頻率則依照前述規定辦理。維護單位如計畫將某些特定橋梁之檢測間隔延長至四年，則應提出詳細計畫及資料，送經管理單位「橋梁檢測維護小組」核准。</p> <p>3.特別檢測：</p> <p>必要時。</p> <p>各公路管理單位得視其需要自行訂定檢測頻率。</p>
<p>檢測時應攜帶之器具</p>	<p>檢測時視需要選擇適當之工具及設備，並於檢測出發前做必要之整理或調整。為免遺漏，並應制作「攜帶工具及設備檢視表」，供行前逐項檢視。</p> <p>1.一般性工具可分為以下六類：</p> <p>(1)清潔工具：長柄掃帚、鋼刷、刮刀、平頭起子、鏟子等。</p> <p>(2)檢測工具：混凝土強度測試槌、鉛錘等。</p> <p>(3)協助目視檢測工具：紅外線望遠鏡、手電筒、放大鏡、染色劑等。</p> <p>(4)量測工具：鋼捲尺、游標尺、裂縫觀測鏡、裂縫觀測尺、量角器、溫度計等。</p> <p>(5)記錄工具：檢測報告表、記事本、三角板、照相機(廣角、近照、閃光燈及紅外線)、粉筆或標示筆等。</p> <p>(6)其他：潤滑油、防昆蟲藥、雨衣、醫藥箱、附工具袋之皮帶(裝檢測工具)等。</p> <p>2.特殊設備</p> <p>(1)測量儀器：特殊情況下，需使用經緯儀、水平儀、測杆等測量儀器，供測量構件間之定位。</p> <p>(2)非破壞性檢測儀器：為瞭解構件材料劣化情形，以評估構件劣化程度，必要時需使用非破壞性檢測儀器。非破壞性檢測包括混凝土反彈錘試驗或鑽心取模抗壓試驗，中性化氯離子含量試驗，裂縫檢測，比電阻檢測，鋼筋腐蝕電位速率檢測與保護層厚度檢測等，非破壞性之檢測由專業人員操作並進行檢測後之解讀。</p> <p>(3)水中檢測設備：檢測橋梁下部結構在水面下之構件，或檢查是否有河道淘空沖刷，則需水中檢測設備。若河道狹淺，可使用簡單之探測方法，如鋼筋、標竿等。若河道寬深，則需雇用潛水俠，攜帶必要之設備，如水中之照相機、探測水深設備、無線通話機等設備，協助水中檢測。</p>
<p>評估方法</p>	<p>橋梁檢測結果採用 D.E.R.&amp;U.方式評等 (參見表 4-3)</p>

資料來源：參考文獻<sup>[25]</sup>。

表 4-2 橋梁基本資料表(公路養護手冊表 A6)

製表日期： 年 月 日 修改日期： 年 月 日

維護單位		公路編號		里程樁號	
橋梁名稱		橋梁編碼		所在縣市	
基本資料					
竣工年度	民國 年	竣工月份	月	維修年度	民國 年
維修月份		月		維修月份	月
跨越物體		造價	萬元	設計載重	
幾何資料					
橋梁總長	M	橋梁淨寬	M	橋板面積	M <sup>2</sup>
橋墩高度	M	大梁淨高	M	大梁寬度	M
大梁深度	M	大梁淨高	M	大梁深度	M
橋上淨高	M	橋下淨高	M	總橋孔數	跨
總車道數		改道距離	M	交通量	輛/日
環境資料					
最大跨徑	M	其他跨徑		最大跨距	M
其他跨徑		其他跨徑		計畫洪水	M
計畫水位	M	計畫堤防	M	法線長度	M
計畫河床	M	計畫最高	M	計畫最低	M
最高水位	M	地質狀況		最低水位	M
最高水位	M	橋頭		橋尾	
橋頭		橋頭		橋尾	
結構資料					
結構型式		橋墩型式		基礎型式	
鋪面材質		橋台型式		橋台基礎	
主梁型式		翼牆型式		支承型式	
伸縮縫					
備註					

資料來源：參考文獻<sup>[25]</sup>。

表 4-3 橋梁定期檢測資料表(公路養護手冊表 A7)

公路編號：

日期： 年 月 日

天氣狀況(晴/陰/雨)：

檢測單位			橋梁名稱												橋梁編碼														
檢測項目		評估值			檢測項目		評估值			檢測項目		評估值																	
		D	E	R			D	E	R			D	E	R															
1.引道路堤	近端				5.橋台基礎	近端				9.橋面排水設施	整體																		
	遠端					遠端																							
2.引道護欄	近端				6.橋台	近端				10.緣石及人行道	整體																		
	遠端					遠端																							
3.河道	整體				7.翼牆/擋土牆	近端				11.欄杆及護牆	整體																		
		遠端					遠端																						
4.引道護坡	近端				8.磨擦層	整體				21.其他																			
	遠端																												
橋台或橋墩	12. 橋墩保護設施			13. 橋墩基礎			14. 橋墩墩體			15. 支承/支承墊			16. 止震塊/拉桿			17. 伸縮縫			橋孔號	18. 主構件(大梁)			19. 次要構件(橫隔梁)			20. 橋面板			
	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R		D	E	R	D	E	R				
檢測人員意見：																													
N/A：無此項目				U/I：無法檢測				R/U：無法判定相關重要性																					
評估等級 D				範圍 E				對橋梁重要性 R				急迫性 U																	
N/A 良好 尚可 差				嚴重損壞	U/I 局部 全面				R/U 小 大				例行維護 5 年內 1 年內 緊急處理維修																
0	1	2	3		4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	1	2	3	4										
單位主管：														檢測人員：															

資料來源：參考文獻<sup>[25]</sup>。

表 4-4 橋梁特別檢測評估表(公路養護手冊表 A8)

公路編號： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 天氣狀況(晴/陰/雨)： \_\_\_\_\_

檢測單位	橋梁名稱	橋梁編碼	評估等級/損壞程度			備註
			安全	須補強	危險	
檢測項目	損壞狀況					
整體穩定性	<input type="checkbox"/> 結構傾斜 <input type="checkbox"/> 沉陷 <input type="checkbox"/> 土壤液化		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
上部結構 (RC、PC)	<input type="checkbox"/> 大梁破壞 <input type="checkbox"/> 橋面板下陷 <input type="checkbox"/> 大梁位移有落橋潛勢		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
上部結構 (鋼構)	<input type="checkbox"/> 主構件受損 <input type="checkbox"/> 次要構件受損 <input type="checkbox"/> 橋面板下陷 <input type="checkbox"/> 大梁位移		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
橋墩(RC、PC)	<input type="checkbox"/> 傾斜沉陷 <input type="checkbox"/> 墩柱破壞 <input type="checkbox"/> 帽梁破壞		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
橋墩(鋼構)	<input type="checkbox"/> 傾斜沉陷 <input type="checkbox"/> 鋼板凹陷鼓脹 <input type="checkbox"/> 鋼柱破壞 <input type="checkbox"/> 帽梁破壞		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
橋台	<input type="checkbox"/> 翼牆損壞 <input type="checkbox"/> 橋台護坡坍塌 <input type="checkbox"/> 橋台傾斜位移		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
基礎	<input type="checkbox"/> 基礎傾斜 <input type="checkbox"/> 基礎沈陷 <input type="checkbox"/> 基礎殘餘水平變位		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
引道擋土牆	<input type="checkbox"/> 擋土牆牆身損壞 <input type="checkbox"/> 擋土牆傾斜		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
橋台(引道)	<input type="checkbox"/> 傾斜位移 <input type="checkbox"/> 結構受損 <input type="checkbox"/> 引道下陷		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
支承	<input type="checkbox"/> 裝置受損 <input type="checkbox"/> 傾斜滑動 <input type="checkbox"/> RC 座破壞 <input type="checkbox"/> 防落裝置受損		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
伸縮縫	<input type="checkbox"/> 縱向開離 <input type="checkbox"/> 左右錯離 <input type="checkbox"/> 上下落差 <input type="checkbox"/> 擠壓破壞		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
附屬設施	<input type="checkbox"/> 設施受損倒塌 <input type="checkbox"/> 管線受損 <input type="checkbox"/> 欄杆受損 <input type="checkbox"/> 胸牆受損 <input type="checkbox"/> 其他		<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	
評估過程附記事項：						
評估結果： <input type="checkbox"/> 安全可通車 <input type="checkbox"/> 緊急補強後可通行 <input type="checkbox"/> 危險禁止通行						
單位主管：			檢測人員：			

資料來源：參考文獻<sup>[25]</sup>。

#### 4.2 主要橋梁管理單位橋檢作業規定比較

本節將針對公路總局、高公局與鐵路局之橋檢作業相關規定進行比較及說明。公路總局復依據交通部頒「公路養護手冊」技術標準規範、「公路橋梁安全檢查手冊」、「公路修護管理規則」等，訂定內部管理要點做為執行轄屬橋梁維護管理業務之依據<sup>[86]</sup>。

高公局與鐵路局除了「公路養護手冊」之外，因應其橋梁系統特性，訂定各自的橋梁檢測作業規定。例如：高公局根據其特性建立「高速公路養護手冊」技術規範<sup>[87]</sup>，目前最新版本為 100 年 2 月修正版，提供各養護單位作為高速公路(路面、邊坡、橋梁、排水設施等等)巡查、



監測及維護管理作業之依據。此外，為落實高速公路之橋梁檢測、評估、維修與補強工作，增訂「交通部臺灣區國道高速公路局橋梁檢測作業要點」<sup>[88]</sup>，詳細規範橋梁檢測項目、檢測等級、檢測頻率、檢測方式等，確實掌握橋梁現況，早期發現構件劣化及研析劣化原因，適時辦理維修與補強，以維持橋梁安全。

鐵路局為辦理鐵路橋梁安全檢查與維護工作，係依「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」<sup>[89]</sup>技術標準規範、「鐵路橋隧檢查作業要點」、「橋梁檢查及評估手冊」、「橋梁維修手冊」、「橋梁維修材料說明書」等，以為橋梁檢查、評估、維修、補強作業之依據。

如圖 4.1 資料顯示目前國內橋梁之管轄三大單位分別為公路總局、高公局及鐵路局，以下將進一步就這三個管理單位之橋檢作業執行規定，包括檢測人力、檢測種類、檢測頻率、檢測方式、檢測項目及檢測報表及評估等，以表 4-5 進行比較分析。

表 4-5 高公局、公路總局與鐵路局橋梁檢測作業規定比較表

	高公局	公路總局	鐵路局
檢測人力	1.各工務段必須至少指派一人為橋梁檢測專責人員。 2.橋梁檢測員任務 (1)辦理經常檢測。 (2)擬定委外辦理之橋梁定期檢測計畫、編列檢測預算及檢測時程。 (3)督導、考核轄區橋梁維修、補強業務。	1.養護監工站長、監工員每星期巡查所有養護路線至少一次。 2.工務段段長、副段長或指定養路工程司每月重點巡查一次，颱風、豪雨、地震後應辦理特別巡查。 3.養護區工程處副處長、養護課長或指定養路工程司每兩月巡查所有養護路線至少一次。	工務段指定主辦工程司、轄區監工、班長組成檢測小組。
檢測種類	1.經常巡查 (1)日間巡查 (2)夜間巡查 2.半年檢測	1.經常巡查 (1)日間巡查 (2)夜間巡查 2.定期檢測	1.平時巡查 2.定期檢查 3.定期複檢 4.安全檢測

	高公局	公路總局	鐵路局
	3.定期檢測 4.特別檢測 5.詳細檢測	3.特別檢測	5.臨時檢查
檢測頻率	<p>1.經常巡查 日間巡查每日一次；夜間巡查，每月至少一次。</p> <p>2.半年檢測 於每年4月及10月辦理。檢測當月該橋辦理「定期檢測」時，則該期「半年檢測」免辦，以該「定期檢測」替代。</p> <p>3.定期檢測 視橋齡、交通特性、維護狀況及橋址環境等因素而定，由工務段負責評估。每座橋梁每2年至少應檢測1次，惟橋梁跨徑超過150公尺或特殊型橋梁，如斜張橋、<math>\pi</math>型橋或鋼拱橋等，每年應檢測一次。工務段如計畫某些橋梁之檢測間隔超過2年，則應提出詳細計畫及資料，送經工程處「橋梁小組工程處分組」核准，惟最長檢測間隔不得超過4年。</p> <p>4.特別檢測 颱風(地區侵襲)、豪雨(地區24小時累計雨量200mm以上)、地震(地區震度4級以上)等災害後，或火災、車撞等人為破壞後，可能損傷橋梁結構安全或行車安全，或其他臨時需所做之不定期檢測。</p> <p>5.詳細檢測 視橋齡、交通特性、維護狀況及橋址環境等因素而</p>	<p>1.經常巡查 日間巡查，快速公路每週巡查至少兩次，其他公路每週巡查至少一次；夜間巡查，每月至少一次。</p> <p>2.定期檢測 視橋齡、交通特性、維護狀況及橋址環境等因素而定，由維護單位負責評估。原則上每2年至少檢測1次，惟橋梁跨徑超過150公尺或特殊類型橋梁，如斜張橋、<math>\pi</math>型橋或鋼拱橋等，每年應檢測一次。完工5年內之新建橋梁若無特殊情況，應自完工後之第5年進行第一次定期檢測，而後續之檢測頻率則依照前述規定辦理。於每年汛期前4月30日前完成檢查所有構件，並於汛期後每年11月15日前再辦理較易受颱風影響之河道、橋台基礎、橋台、橋墩保護措施、橋墩基礎及橋墩墩體等6項之檢查，由轄管之工務段將轄內所有橋梁檢查完竣。</p> <p>3.特別檢測 天災(如颱風、豪</p>	<p>1.平時巡查 每月一次，各級養路人員依規定以步行或乘車或乘坐機車頭以目視巡查。</p> <p>2.定期檢查 每年10月~12月間由轄區之工務段指定主主辦工程司、轄區監工、班長等組成檢查小組，以步行目視檢查。</p> <p>3.定期複檢 每年1月~2月間由本局工務組橋隧課人員，並請工務段施工股、轄區道班等派員組成，對於工務段檢查結果評定結構功能有疑慮施予複檢，並按優先順序提列年度維修經費。</p> <p>4.安全檢測 就定期複檢結果，判定需要辦理進一步之詳細檢測者，委託技術顧問機構施以特殊儀器之檢測，並加以適當維修補強。</p> <p>5.臨時檢查</p>

	高公局	公路總局	鐵路局
	定，由工務段負責評估；經評估後水下構造物原則上每5年1次；經定期檢測評估須辦理者。	雨、地震4級以上造成之災害)或人為破壞因素(如火災或車輛撞損主梁等人為損壞)後立即辦理。	颱風、豪雨、地震災害後，或火災、車撞等事故後可能損傷橋梁結構安全或行車安全或其他臨時需做之不定期檢測。
檢測方式	<ol style="list-style-type: none"> <li>經常巡查 原則上以二人為一組，並攜備適當之器具，共乘一部巡查車輛，從車上以目力檢視高速公路各種狀況。若發現異常時，應下車詳查。有關鋪面、橋面、伸縮縫等之檢查，可憑車輛駕駛時之操作性、衝擊響聲及震動等判斷公路之實況。</li> <li>半年檢測 以步行目視或以簡單之量測器具行檢測。</li> <li>定期檢測 以接近或望遠鏡目視橋梁構件，以目視或簡單量測器具或非破壞檢測儀器量測為原則，並依「公路橋梁一般目視檢測手冊」及「公路鋼結構橋梁檢測及補強規範」進行檢測。</li> <li>特別檢測 天災或人為事故後由橋梁檢測人員(必要時應增加人員協助)以目視或簡單之量測器具進行檢測。橋梁檢測人員應於天災或人為事故後，能安全到達現場作業，並先以電話回報初步檢視情形，以判斷後續交通管制措施之必要性，並在3工作天內完成檢測及製作檢測報告。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>經常巡查 原則上以二人一組，共乘一部巡查車，由車上以目力檢視橋梁構造物各種狀況，若發現有可疑之處，應下車檢查。</li> <li>定期檢測 利用徒步或攀登方式或特殊機械車輛儘可能接近橋梁構造物，予以較詳盡之檢查，以鑑定橋梁構造物之安全情形。</li> <li>特別檢測 視需求而定。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>平時巡查 各級養路人員以目視巡查。</li> <li>定期檢查 工程段檢查小組人員以目視或簡單量測器具步行檢測並依鐵路局橋梁檢查及評估手冊建立記錄。</li> <li>定期複檢 橋梁人員對工程段判定區分為A級(未來會有安全威脅之處)者進行目視檢測。</li> <li>安全檢測 定期複檢結果判定需更進一步詳細做破壞或非破壞檢驗者，進行委託顧問公司安全檢測。</li> <li>臨時檢測 事前或事後以目視檢查。</li> </ol>

	高公局	公路總局	鐵路局
	<p>5. 詳細檢測</p> <p>以接近或接觸橋梁構件，以目視或簡單之量測器具或非破壞檢測儀器量測為原則，並依「公路橋梁一般目視檢測手冊」及「公路鋼結構橋梁檢測及補強規範」進行檢測。</p>		
檢測項目	<p>1. 經常巡查</p> <p>伸縮縫、護欄、排水設施、交通安全設施及上下游規定禁採範圍內有無亂挖砂石。</p> <p>2. 半年檢測</p> <p>伸縮縫、引道路堤、引道護欄、摩擦層、護欄、橋面版(每年至少一次)、主構件(大梁有無遭撞損或火害)、橋墩保護設施(防沖刷設施有無沖失、橋墩基礎是否裸露)、河道(橋梁附近護岸有無沖毀、橋梁上、下游規定禁止範圍內有無挖取砂石)、引道路堤之保護設施(護坡有無沖毀淘空)、橋台基礎、橋台、翼牆或擋土牆、排水設施(橋面進水口有無淤砂或雜物)等。每年4月得僅就河川橋及穿越橋作「主構件」、「橋墩保護設施」、「河道」、「橋台基礎」、伸縮縫共計5項之檢測。</p> <p>3. 定期檢測</p> <p>橋墩保護設施、橋墩基礎、橋墩墩體、支承墊、止震塊及防震拉桿、伸縮縫、主構件(大梁)、副構件(橫隔</p>	<p>1. 經常巡查</p> <p>伸縮縫、護欄、排水設施、交通安全設施及上下游規定禁採範圍內有無亂挖砂石。</p> <p>2. 定期檢測</p> <p>引道路堤、引道護欄、河道、引道路堤之保護設施、橋台基礎、橋台、翼牆或擋土牆、摩擦層、排水設施、緣石及人行道、護欄、橋墩保護設施，橋墩基礎、橋墩墩體、支承墊、止震塊或防震拉桿、伸縮縫、主構件(大梁)、副構件(橫隔梁)、橋面版或絞接版及其它共計21項。</p> <p>3. 特別檢測</p> <p>整體穩定性、上部結構、橋墩、橋台、基礎、引道擋土牆、橋台(引道)、支承、伸縮縫及附屬設施共計10項。</p>	<p>1. 平時巡查</p> <p>橋梁周圍之環境變化及河川盜採情況。</p> <p>2. 定期檢查</p> <p>橋梁各部分有無損壞等，橋墩、橋台基礎沖刷情況，橋下空間是否被佔用或堆置雜物。</p> <p>3. 定期複檢</p> <p>對定期檢查結果判定為A級者進行進一步之檢測研判。</p> <p>4. 特殊檢查</p> <p>(1) 混凝土抗壓強度檢測</p> <p>(2) 混凝土中性化檢測</p> <p>(3) 混凝土氯離子含量檢測</p> <p>(4) 混凝土裂縫檢測</p> <p>(5) 鋼筋保護層厚度量測</p> <p>(6) 鋼筋腐蝕程度檢測</p> <p>5. 臨時檢查</p> <p>以災害或事故影</p>

	高公局	公路總局	鐵路局
	<p>梁)、橋面版或鉸接版、引道路堤、引道護欄、河道、引道路堤之保護設施、橋台基礎、橋台、翼牆或擋土牆、摩擦層、排水設施、緣石及人行道、護欄。</p> <p>4.特別檢測 視天災或人為事故造成橋梁構件劣化情形，或其他臨時需要檢測目的而定。</p> <p>5.詳細檢測 水下構件或定期檢測評估須辦理詳細評估之構件。</p>		響項目檢查
檢測報表	<p>1.經常巡查 「日間經常巡查報告表」與「夜間經常巡查報告表」。</p> <p>2.半年檢測 檢測結果填列於本局「橋梁管理系統」之「橋梁基本資料表」與「橋梁定期檢測資料表」。</p> <p>3.定期檢測 檢測結果應輸入本局「橋梁管理資訊系統」內之「橋梁基本資料表」與「橋梁定期檢測資料表」。並應撰寫定期檢測成果報告書內容包括緒論、工作項目及作業方法、目視檢測評估準則、橋梁安全檢測評估、維修補強建議、結論與建議等原則性，可參考「交通部橋梁檢測及契約範本」。同時評估後續詳細檢測之必要性。</p> <p>4.特別檢測 檢測結果應登錄本局「橋梁管理資訊系統」內，並列印應附表「交通部臺灣區國道高速公路局工程處橋梁特別檢測評估表」，陳報工程</p>	<p>1.經常巡查 「日間經常巡查報告表」與「夜間經常巡查報告表」。</p> <p>2.定期檢測 填寫「定期檢測資料表」。</p> <p>3.特別檢測 填寫「橋梁特別檢測評估表」後，儘速報局，其中應檢查對橋梁基礎有無沖刷洶空傾斜之情事或橋梁結構有無發生損壞裂縫、護坡護岸有無沖毀等，並應詳予記錄河川洪水位，作為日後修復工程之依據。。</p>	<p>1.平時巡查 目視有不正常情況，記錄於路線巡查記錄簿。</p> <p>2.定期檢查 依鐵路局橋梁檢查及評估手冊填表。</p> <p>3.定期複檢 同定期檢查。</p> <p>4.安全檢測 依實際委託項目辦理。</p> <p>5.臨時檢查 有異常狀況者做成紀錄。</p>

	高公局	公路總局	鐵路局
	<p>處 1 份。</p> <p>5. 詳細檢測            檢測結果應輸入本局「橋梁管理資訊系統」內。並應撰寫詳細檢測成果報告書內容包括緒論、工作項目及作業方法、目視檢測評估準則、橋梁安全檢測評估、維修補強建議、結論與建議等原則性。</p>		
評估方式	<p>評估方式基本上以 D.E.R.&amp;U. 為主，公、鐵路鋼結構橋梁納入 A.B.C.D.N. 精神</p>		

表 4-5 說明如下：

1. 人力部份，高公局有專責人員，定期檢測亦有委外辦理之制度；公路總局將橋檢視為業內工作，人力不足；而鐵路局則在安全檢測評估需要做破壞或非破壞檢驗者，委託顧問公司辦理。
2. 檢測種類的部分，公路總局依公路養護手冊規定，以 3 種類的檢查為主；高公局因高速公路系統特性，制定 5 種檢查種類，其中詳細檢測係對水下結構物及經定期檢測評估後須進一步辦理之構件或橋梁，進行詳細狀況評估。而鐵路局因應鐵路系統特性，亦制定 5 種檢查種類，其中也包括對定期檢查後之複檢，及約定特殊項目之安全檢查，以追縱確認鐵路橋梁狀況。
3. 檢測頻率的部分，頻率最高者為高公局經常巡查中的「日間巡查」，其次為公路總局平時巡查的週巡檢，算是相當高頻率的巡檢。其餘部分，三個單位之定期檢查平均一至兩年至少一次，以及在颱風、豪雨、地震等災害後，或火災、車撞等事故後可能損傷橋梁結構安全或行車安全或其他臨時安排臨時檢查或特殊檢查，以確保橋梁在天災或意外事件後之情況。

4. 檢測方式之部分，高公局的經常檢測及公路總局與鐵路局的平常巡查，均以目視巡查方式為主，並採用慢速行車或步行方式進行檢查。在定期檢測的部分，高公局會由工程處委請技術服務機構辦理；在鐵路局的安全檢測評估下需要做破壞或非破壞檢驗者，會委託顧問公司辦理。
5. 檢測項目與表格部分，三個單位對不同檢測等級均有其細項及表格之要求，但沒有完全統一之標準及格式。
6. 評估方式基本上以 D.E.R.&U.為主，公路鋼結構橋梁與鐵路鋼結構橋梁納入 A.B.C.D.N.精神。





## 第五章 國內目前橋梁檢測執行情形之探討分析

依據第二章 文獻蒐集與回顧、第四章 國內橋梁檢測作業規定探討分析、第六章 訪談分析目前橋梁檢測執行情形及問題點、第八章 專家座談會內容以及研究團隊工程實務經驗，本章就國內目前橋梁檢測執行情形，依評估方式、檢測項目、檢測表格、檢測等級、檢測時機、檢測人力、檢測經費、辦理方式、儀器設備與人員資格與培訓等項目進行探討分析。

### 5.1 評估方式

國內採用之評估方式請參考第 2.1.2.3 節詳細說明。基本上已統一以 D.E.R&U.法為主，惟鐵、公路鋼結構橋梁納入 A.B.C.D.N.法之精神。

目視檢測法的目的在於對龐大數量的橋梁進行快速且統一標準的普查與篩選評估，由橋梁的重要性與安全性作為後續維護補強的排序，故檢測方式講求精簡、快速與客觀。綜觀國內外的目視檢測法對於評估橋梁劣化皆以該國特有的氣候、人文、地質與建築習慣發展出合適的評估系統，以構件的分類與劣化程度的評等方式而言，目前國內橋梁管理系統所採用的 D.E.R&U.評等法在執行上較符合快速精簡的精神，在記錄劣化狀況的同時也考慮到維修的迫切性，在整體橋梁評等的排序上也提供不同的狀況指標予以參考。詳細來說，D.E.R&U.評等法有下列幾項優缺點：

1. 僅針對劣化的構件予以評等，無須評估良好之構件，大量簡化檢測工作。
2. 此評等法強調精簡卻恐失客觀性，對於一般新手而言無一具體量化的評等標準可供參考，容易遺漏劣化狀況或流於檢測人員的主觀意識。
3. 劣化程度 D 值的判斷定義不夠明確，雖然高公局有另行編訂一般目

視檢測手冊列表說明各種劣化現象之程度如何判斷，並舉辦職前訓練，但對於非高公局的橋梁主管機關而言不一定會熟悉手冊的內容，若可加強訓練或類似 A.B.C.D.N.評等法作更明確的詳細說明與量化，則可增加此法的準確性。

4. 重要性 R 值的評估有賴工程經驗之判斷，對於一般公務人員或新進工程師而言可能會造成困擾，因此高公局亦在一般目視檢測手冊之中列表說明各種劣化情形的 R 值與 U 值判斷依據，但仍需做更進一步的說明。

A.B.C.D.N.評等法強調建立系統化的檢查架構，為避免遺漏任何檢測項目故針對各項分類之下又細分多種構件項目，且根據不同劣化型式列出評等標準並解釋說明與量化表示，可直接提供檢查人員參照勾選損傷等級並記錄說明文字，此法之優缺點有：

1. 以條列之方式列出檢查項目，對於新手來說不會有遺漏之虞且可幫助瞭解檢查重點，同時提供一致性的劣化評估標準。
2. 雖然 A~D 的評估準則內容包含對於劣化狀況的處置對策，但缺少對於劣化範圍的紀錄以及劣化對於結構安全的重要性考量，同時並未量化評等結果以致無法計算橋梁指標。
3. A.B.C.D.N.評等法未提供各種劣化狀況的維修工法與建議處置，此點於 D.E.R.&U.法即有具參考價值的維修建議一覽表，提供檢測員可迅速參考並提出對策。

目視檢測工作完成後，通常需要採用第 2.2.2.3 節之性能初步評估表篩選耐洪能力、耐震能力或承載能力有疑慮者，這些表格中，除了承載能力評估表以考慮橋梁自身重要元件之損壞程度為主，並考慮外力以及其他可能的異常現象，從內因、外因以及可能的變異性等方面，綜合評估承載能力以外，耐洪與耐震初評表主要考慮影響能力之不確定性來源作為評估項目，僅個別項目(例如：其他異常現象)與目視檢測結果所反應之橋梁現況有關，元件受損現況之權重相較承載能力評估

表為低，未來在考量風險管理之可較深入探討。實務中，各單位所採用之性能初步評估表並沒統一。

## 5.2 檢測項目

檢測執行項目包括橋梁目視檢查(一般檢測)以及橋梁特殊檢測，其中，特殊檢測項目包括：抗壓強度測試、中性化深度測試、氯離子含量測試、鹼骨材含量測試、鋼筋腐蝕速率檢測、預力鋼鍵腐蝕檢測、裂縫測度檢測、鋼材厚度檢測、鋼材裂縫檢測、鋼材耐候性測試、鋼材焊接或螺栓檢測等。

目視檢測則依 D.E.R.&U.或 A.B.C.D.N 之方式而有不同的檢測項目，請分別參考表 2-32 與表 2-36。

## 5.3 檢測表格

國內橋梁檢測目前以 D.E.R.&U.方式為主，對應之檢測表格如表 4-3 的內容。在交通部建置「臺灣地區橋梁管理資訊系統」中，對應之檢測表格如表 5-1 與表 5-2 所示，以表 5-1 為例，基本上是將表 4-3 的內容納入，但更為完整，該表格具有橋梁編號、名稱、地點、中心樁號、結構型式、橋孔數等項目，以記錄橋梁的基本資料，另外必須檢測的項目共計 21 項，其中第 1 至第 11 項為一般檢測項目，當檢測人員到達第一座橋梁時，應先對該橋梁進行此一般項目全面性的宏觀檢視，並將有缺陷的檢測項目，依據缺陷的程度、範圍及對整體橋梁安全及服務的影響性，分別填寫適當的值後，再針對每座橋孔進行第 12 至第 20 項檢測項目的檢視。

表 5-1 橋梁定期檢測資料表

橋梁定期檢測評估總表																		
橋梁名稱		橋梁編號		管理機關		工程處		工務段		竣工年月								
所在縣市		所在鄉區		參考地標														
道路等級		路線		里程樁號														
橋梁總長		橋梁淨寬		總橋孔數														
檢測日期		檢測單位		檢測員		單位主管												
檢測員意見																		
CI		PI		規範 PI		沖刷指標												
新 CI		新 PI																
橋梁定期檢測評估子表(1/)																		
橋墩編號		本段橋長		總跨數		CI		PI										
結構形式																		
檢測項目		評估值			檢測項目		評估值			檢測項目		評估值						
		D	E	R			D	E	R			D	E	R				
1.引道路堤	遠端				5.橋台基礎	遠端				9.橋面排水設施								
	近端					近端					近端							
2.引道護欄	遠端				6.橋台	遠端				10.緣石及人行道								
	近端					近端					近端							
3.河道					7.翼牆/擋土牆	遠端				11.欄杆及護牆								
						近端					近端							
4.引道護坡	遠端				8.摩擦層					21.其他								
	近端										近端							
橋墩數	12.橋墩保護設施			13.橋墩基礎			14.橋墩墩體/帽梁			15.支承/支墊			16.止震塊/拉桿			17.伸縮縫		
	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R
A001																		
A002																		
橋孔數	18.主構件(大梁)			19.副構件(橫梁)			20.橋面板											
	D	E	R	D	E	R	D	E	R									
S001																		
項目	位置	維修項目及工法				數量	單位	急迫性	附註									
N/A-無此項目				N/I-無法檢測				R/U-無法判定相關重要性				是否進一步檢測?(Y/N)						
評估等級 D				範圍 E				對橋梁之重要性 R				急迫性 U						
N/A	良好	尚可	差	嚴重損壞	U/I	局部		全面	R/U	小		大	例行維	3年	1年	緊急處理		
0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	1	2	3	4
													護	內	內	修		
													1	2	3	4		

表 5-2 鐵路橋梁目視檢查表

橋梁一般檢測評估狀況報告表										道路名稱:				中心樁號:																
橋梁名稱:					檢測單位:					橋梁地點:				結構型式:																
檢測日期:					檢測員:					橋梁長度:				橋梁淨寬:																
建造日期:					橋孔數:																									
檢測項目			評估值			檢測項目			評估值			檢測項目			評估值															
			D	E	R				D	E	R				D	E	R													
1.欄杆及護牆		端				4.橋台		端				7.橋面排水設施																		
2.擋渣牆		端				5.翼牆/擋土牆		端				17.其他附屬設施																		
3.橋台基礎或沉箱		端				6.河道		端																						
橋墩號	8.橋墩基礎			9.橋墩墩體			10.支承墊			11.防震設施			橋墩號			12.避車台			13.維修走道			14.主構件(大梁)			15.隔梁系統(橫隔梁)			16.橋面板/鉸接版		
	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R			
項目	位置	維修項目及工法										數量	單位	急迫性	附註															
檢測員意見:																														
N/A-無此項目					N/I-無法檢測					R/U-無法判定相關重要性					是否進一部檢測?(Y/N)															
評估等級 D					範圍> E					對橋梁之重要性 R					急迫性 U															
N/A	良好	尚可	差	嚴重損壞	U/I	局部	全面	R/U	小	大	例	行	3	年	1	年	緊急	處理												
0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	1	2	3	4												

檢測表格上除了記錄缺陷外，檢測員還可以在修復工法表上選擇適當的修復工法，並填寫預估的修補數量、單位及修復的急迫性。修復工法不需檢測員詳細逐字填寫，可從各檢測項目的修復工法表中選取即可，若系統選單上無所需工法，仍可讓使用者自行視需要新增，最後再填寫檢測員對該座橋梁的整體意見，以提供橋梁管理維護人員更多的資訊。若檢測員認為自己的能力無法判定某些檢測項目，或是必須配合進一步的破壞性或非破壞性檢測時，可在右下角的"是否需要進一步檢測"中填寫"是(YES)"，則檢測單位應派資深工程師再至現場就該項目進行檢測，或安排進一步的特殊檢測。

## 5.4 檢測等級

公路橋梁檢測可依時效性分為經常巡查、定期檢測與特別檢測等，基本上照前一節之規定辦理。有關特別檢測的部分，公路總局在颱風豪雨或地震後之檢測標準及內容則如表 5-3 及表 5-4<sup>[16]</sup>。

表 5-3 颱風豪雨後特殊檢測標準及內容

	標準	內容	檢查表格
特別巡查	1.最近水位站達3級警戒水位 2.雨量站達豪雨130mm以上	橋梁基樁或沉箱有裸露者、受損尚未完成修復及施工中之橋梁。	1.公路養護手冊表 2-2「巡查項目及注意事項」 2.公路養護手冊表 2-6「特別巡查報告表」
特別檢測一	1.最近水位站達2級警戒水位 2.雨量站達豪雨200mm以上	橋梁基樁或沉箱有裸露者、受損尚未完成修復及施工中之橋梁。	公路養護手冊表 A-8「橋梁特別檢測評估表」
特別檢測二	1.最近水位站達1級警戒水位 2.雨量站達豪雨350mm以上	檢測所有橋梁	公路養護手冊表 A-8「橋梁特別檢測評估表」

資料來源：參考文獻<sup>[16]</sup>。

表 5-4 地震後殊檢檢測標準及內容

標準	內容	檢查表格
震度 4 級地區	特別巡查橋梁基樁或沉箱有裸露者、受損尚未完成修復及施工中之橋梁。	1. 公路養護手冊表 2-2 「巡查項目及注意事項」 2. 表 2-6 「特別巡查報告表」
震度 5 級地區	特別檢測橋梁基樁或沉箱有裸露者、受損尚未完成修復及施工中之橋梁。	公路養護手冊表 A-8 「橋梁特別檢測評估表」
震度 6 級地區 (含以上)	特別檢測震區所有橋梁。	公路養護手冊表 A-8 「橋梁特別檢測評估表」

資料來源：參考文獻<sup>[16]</sup>。

高公局在「高速公路養護手冊」技術規範<sup>[87]</sup>中，於橋梁檢測類別中規定特別檢測為颱風(地區侵襲)、大豪雨(地區 24 小時累計雨量 200mm 以上)、地震(地區震度 4 級以上)等災害後，或火災、車撞等人為破壞後，可能損傷橋梁結構安全或行車安全，或其他臨時需要所做之不定期檢測，並將檢測結果列印於「交通部臺灣區國道高速公路局工程處橋梁特別檢測評估表」(高速公路養護手冊表 7-3)。

「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」<sup>[47]</sup>對特別檢測規定為橋址發生地震災害、土石流災害、水災、火災及其他重大事故後之災害後檢測，對各類型災害之特殊檢測要求如表 5-5。

表 5-5 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範特別檢測相關規定

類別	檢測對象	檢測目的
地震後特別檢測	對位於災區範圍內之橋梁結構物進行。	依震害程度可包括以下三個階段： 1. 震後緊急勘查：儘速掌握橋梁主要受害概要及防止二次災害。 2. 搶修階段之檢測：掌握全盤性受災狀況，並據以判斷是否須進行搶修並決定復舊方針。 3. 復舊階段之檢測：為進行復舊工作所進行之檢測。

類別	檢測對象	檢測目的
土石流災後特別檢測	對位於土石流活動區範圍內之橋梁結構物進行。	了解淤埋、沖刷、磨損、堵塞、撞擊、彎道沖毀及坡岸崩塌等對橋梁之危害程度。
水災後特別檢測	對位於災區範圍內之跨河橋梁結構物進行。	了解河道變遷、沖刷、淤積、基礎裸露、撞擊等對橋梁之危害程度。
火災後特別檢測	對火災影響範圍內之橋梁進行。	了解火災對橋梁構件產生之劣化與變形及其影響。
其他重大事故後之特別檢測	對受重大事故(如山崩、地滑、意外撞擊及橋梁無預警之損害)影響之橋梁進行。	了解重大事故災害對橋梁使用安全的影響。
河川橋梁下之水下特別檢測	常水位以下之河川橋梁基礎。	視需求而定。

資料來源：參考文獻<sup>[47]</sup>。

此外，各檢測等級依所使用的方法可分為一般檢測及特殊檢測，分別說明如下：

## 1. 一般檢測

一般檢測是利用目視的方式對整座橋梁做全面性的檢查。檢測過程中視需要於重要部位、破裂部位、缺陷或異常現象部位拍攝照片，以為爾後研判之參考，另以數量化步驟對各個構件進行評估，以建立橋梁現況之基本管理資料，最後依權重分配得到橋梁的綜合評估。

目視檢測之最大優點是執行容易、省時且耗費不多，但缺點是此法易拘泥於檢測者之主觀意識，所評估之結果有時與現場儀器檢測或載重實驗有甚大之差異。因此，目視檢測之評估結果只可作為橋梁現況之參考值，但無法完全正確的反應結構性能。

## 2. 特殊檢測

橋梁一般檢測(目視檢測)由於對結構物未具任何破壞作用、簡



單、容易應用、很快有結果且費用較低，因此是最常被利用的檢測方式。但是目視檢測無法深入了解結構物內部之真正情況，因此在檢查完成後，通常選擇整體狀況較差之區域或功能異常的部份進行非破壞或部份破壞性檢測，以鑑定結構體混凝土及鋼筋品質、對所見之缺陷或異常現象檢測其缺陷範圍及劣化程度，並推論其主要肇因，作為進一步評估與養護工作的依據。特殊檢測是利用現場實驗的方式來了解橋梁現存狀況之最直接的方法<sup>[32]</sup>，依其性質可分為非破壞性檢測(參見第 2.2.2.4 節)及部分破壞性檢測(參見第 2.2.2.5 節)兩種。

就橋梁整體的結構檢測而言，無論是非破壞性或是部份破壞性之檢測，皆有其優缺點，應利用各種方法相互驗證以達成檢測的目的。一般而言，非破壞性檢測可在現場立即完成，而且可以重複施測或是迅速移到下一點位進行試驗，當在一些特殊部位或是非破壞性檢測無法進行時，才施以破壞性的試驗。

## 5.5 檢測時機

目前中央機關執行公路養護作業係依據「公路養護手冊」辦理，所稱公路，係指「公路法」所界定之國道、省道、縣道、鄉道及專用道路。該手冊適用於中華民國轄內各級公路養護主管機關之養護作業；縣、鄉道之養護，得參考該手冊規定，視實際需要酌予調整後施行。目前各公路管理單位依據該手冊規定原則，視各自需要自行訂定檢測頻率，執行情形簡述如下：

1. 高公局每年於 4 月(防汛期前)及 11 月(防汛期後)辦理半年檢測。檢測當月該橋辦理「定期檢測」時，則該期「半年檢測」免辦，以該「定期檢測」替代。
2. 交通部公路總局於 87 年 8 月訂定「平時養路巡察重點」，規定每年 4 月 30 日前由轄管之工務段將轄區內所有橋梁檢查完竣，並於 5 月 15 日前將檢測結果報局，因河道、橋台基礎、橋臺、橋墩保護

措施、橋墩基礎及橋墩墩體等 6 項易受颱風影響，於 11 月 15 日前再辦理檢查。

3. 交通部臺灣鐵路局管理局訂定「鐵路橋隧檢查作業要點」第 1.1.3 定期檢查每年 10 月～12 月間辦理。
4. 臺北市政府依據「臺北市市區道路管理規則」第 27 條規定，橋梁、涵洞、隧道、地下道各部結構及功能，主管機關應隨時作必要之維護與改善，每年至少應作安全檢查一次。
5. 高雄市政府依據「高雄市市區道路管理自治條例」第 24 條規定，市區道路主管機關，對於橋梁、涵洞、隧道及地下道各部結構及其功能，每年至少應作安全檢查一次，並作必要之維護與改善。
6. 彰化縣依據「彰化縣市區道路管理規則」第 18 條管理機關對於橋梁、涵洞、隧道或地下道各部結構及附屬之照明、通風或排水設備，每年應作定期安全檢查，並經常作必要之維護。

因此，執行橋梁檢測作業之工程師首要工作，應檢視所屬機關，相關橋梁檢測作業規定、辦法或公文，擬定編列契約的依據。

委外辦理之橋梁檢測工作，管理單位希望能夠在年度開始後立即辦理，以便及早檢視橋梁現況，因應汛期來臨前作備災的準備，維修補強設計與作業方能儘速完成，同時確保如期完成預算執行或補助款項的期程，避免經費撤銷或預算執行不力等困擾。

## 5.6 檢測人力

目前國內橋梁管理單位都有負責橋梁檢測之相關人員，可能是專職或兼任，各單位人員編制數量不一，大多為 1 人，僅少數單位超過 3 人，橋檢人力普遍不足。

## 5.7 儀器設備

一般可以區分為標準工具、特殊裝備與協助檢測之機具，茲說明如下：

### 1. 標準工具

為了能執行準確及範圍廣泛的檢測，必須要配備適當的工具，現場檢測時主要的工具如下：

- (1) 清用的工具如長柄掃帚、鋼刷、刮刀、平頭起子、鏟子等。
- (2) 檢測用的工具如小刀、敲擊錘頭(帶有皮握把)、鉛垂、工具皮帶附袋子。
- (3) 協助目視檢測的工具如望眼鏡、手電筒、放大鏡、檢測鏡子、染色滲透液。
- (4) 量測工具如捲尺、卡尺、裂縫觀測鏡、厚薄觀水平尺及量角器、溫度計。
- (5) 文件記錄工具、檢測表格、現場記事本、三角板、照相機、廣角照相機、粉筆及標示器、中心打孔器。
- (6) 其他設備：C型夾、潤滑油、防昆蟲的雨衣、醫藥箱等。

### 2. 特殊裝備

對於一般橋梁的定期檢測並不需要用特殊裝備。但是對於一些特別的橋梁或者特殊檢測作業則需要這些配備，檢測員亦須了解特殊裝備及其應用。

#### (1) 測量儀器

特殊的環境之下，也許要使用經緯儀、水準儀、丈量桿或其他測量儀器，這些儀器可以定出某構件相對於其他的構件的正確位置。特別是在定參考點時將會使用到。

## (2) 非破壞性試驗儀器

顧名思義非破壞性檢測係在現場進行的材料試驗以確認結構體的完整性，而不需要破壞材料。非破壞性試驗可以讓檢測員了解到橋梁桿件的內部劣化情形，同時進行缺陷的評估。通常一般非破壞性試驗係由受過專業訓練的技術人員來操作，並且說明及解釋其結果。

## (3) 水中檢測設備

水中檢測主要是在檢查下部結構在水面以下的部份，河道的狀況，還有淘刷的情形。如果河道狹淺，可以使用簡單探測方法，例如鋼筋、標桿、捲尺或一根木頭等。河道深的話得僱用潛水俠進行水中檢測。並且需要配備特殊的裝備例如工作平台、回音測聲儀、透地雷達、空氣供應系統、通訊設備、測水深設備等。

## (4) 其他特殊設備

有些橋梁檢測需要事先配置特殊的設備包括

- a. 高壓空氣/水的設備
- b. 噴砂設備
- c. 燃燒、鉗孔及研磨設備

## 3. 協助檢測之機具

不論使用何種類型的簡單設備，對於高大橋梁，其攀登範圍總是有限。這些難於到達的部位，可利用一台能夠伸縮、俯仰、進退、旋轉，並且可在橋上行走的機具協助檢測，這種協助檢測的機具目前大致有以下幾種類型：

### (1) 鉸式升降機型

典型之鉸式升降機，這種類型的裝備特別適用於對狹窄部

位(如支座)的檢查和對一般中、小型高架橋的檢查。

## (2) 工作平台型(Mobile Scaffold)

這種裝備特別適用於寬度在 30m 左右的橋梁，臂桿可以跨出橋梁欄桿向下伸下 8m，工作平台伸進橋孔可達 16m，可以將上部構造的底面全部檢視無遺。工作平台自身可以升降，而平台上還可以再裝設能行走升降的工作籃，所以對上部構造的懸挑部分或斷面很高的箱形梁或 T 型梁都可以毫無遺漏地進行檢查。

## (3) 多吊臂桿型(Snooper)

是一種由多節臂桿組成的檢查機械，臂桿可作 360° 旋轉，可檢查到橋梁的每個角落，其尾端可從只一個人站立之籃筒到可同時站立數人之平台。

## 5.8 檢測經費

管理單位橋梁檢測相關經費基本足夠，但較詳細之檢測評估或改善經費有不足情形，除了受地方政府首長施政重點影響以外，地方考量經濟發展而有橋梁拓寬需求恐不在中央機關基於安全性之預算考慮範圍內。

管理單位橋梁檢測經費初估方式包括：

1. 收集機關內相關類似案件(中央單位之各工務段)
2. 參考其他單位的預算(地方政府之相鄰縣市政府)
3. 善用臺灣地區橋梁管理資訊系統資訊
4. 委外辦理之經驗

經由以上方式均可概算經費，然而實際的預算編列，仍須視各地方特色及實際工作內容有所差異。有足夠經驗後，未來辦理類似情形再適度的調整或修正，編列的預算會愈來愈精準。

## 5.9 辦理方式

隨著政府組織再造，朝向精簡、小而美的方向進行，全國各公路主管機關的檢測工作，除中央政府少數單位可自行辦理檢測工作，大部分地方政府都因人力不足而需委外辦理。而橋檢作業特別是劣化程度判定之技術層次較高，即使是中央單位，亦可能會有部分工作委外辦理之需求。

一般橋梁檢測作業之工作內容與方法，整理如表 5-6 所示，至於非破壞性檢測等工作需求乃視個案需求而定，因此未列入該表中。

表 5-6 一般橋梁檢測作業內容與方法

主要內容	作業方法
資料蒐集(測量)建檔、分析與研判	建立各橋梁基本資料 初步了解各橋梁可能發生的的破壞模式 資料不足時，以測量方式補充，並納入基本資料庫
結構體各構件現況評估 檢查表建立	建立橋梁檢測表格
損壞構件數量、位置詳圖繪製及實況相片攝製	動員檢測、橋梁座標量測 依據檢測表格所示，將各橋梁的損壞情況及數量記錄及照相，並繪製位置詳圖
細部結構狀況評估	將各橋梁的細部結構逐一詳述並完整記錄 作為日後維修補強的參考
資料庫建置	完成基本資料庫的建置

對於橋梁的檢測作業，自辦橋檢工作的管理單位多以抽查方式確保工作落實，以評鑑制度加以鼓勵；委外辦理者，配合抽查、審查與契約之罰則來確保品質。委外辦理者，依據政府採購法辦理公開招標與限制性招標。公開招標係以公告方式邀請不特定廠商投標，訂有底價之採購，以合於招標文件規定，且在底價以內之最低標為得標廠商。限制性招標係依據採購法第 22 條第 1 項第 9 款之限制性招標，經公開客觀評選者後議價，以技術服務廠商評選方式辦理。例行性的檢測工

作以公開招標為原則，若有特殊情形，會以技術服務廠商方式辦理。廠商的資格為合法登記之工程顧問公司、學術研究機構、土木技師事務所、結構技師事務所。檢測內容可能包括：基本資料建檔、巡查、定檢以及特別檢測。

## 5.10 人員資格與培訓

相關規範<sup>[47]</sup>或書籍<sup>[51]</sup>對檢測人員資格僅有建議，沒有規定學歷、資歷、證照等資格限制，橋梁管理單位可能有評鑑制度鼓勵，而委辦廠商相關人員則由外聘委員認定及評選機制篩選。

「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」<sup>[47]</sup>除了於條文中明確規定非破壞檢測人員資格符合 CNS13588 「非破壞檢測人員資格檢定與授證」中之規定以外，對檢測及評估與補強設計人員資格僅要求管理機構認可，並於解說中提供如下建議：

1. 橋梁檢測人員應具土木技師或結構技師資格，或經管理機關認可之橋梁檢測訓練合格者。但在本規範頒布實施日起五年內得經管理機關同意以下列人員替代之：
  - (1) 大學土木相關科系畢業，具一年以上鋼結構橋梁工程之相關實務經驗者。
  - (2) 專科土木相關科系畢業，具三年以上鋼結構橋梁工程之相關實務經驗者。
  - (3) 高工土木相關科系畢業，具五年以上鋼結構橋梁工程之相關實務經驗者。
2. 評估與補強設計人員應具土木技師或結構技師資格，或經管理機關認可之橋梁評估與補強設計訓練合格者。但在本規範頒布實施日起五年內得經管理機關同意以下列人員替代之：
  - (1) 大學土木相關科系畢業，具三年以上鋼結構橋梁工程之相關實

務經驗者。

- (2) 專科土木相關科系畢業，具五年以上鋼結構橋梁工程之相關實務經驗者。
- (3) 高工土木相關科系畢業，具八年以上鋼結構橋梁工程之相關實務經驗者。

「橋梁檢測方法與應用」<sup>[51]</sup>對定檢執行人員資格建議如下：

1. 目視檢測作業人員：土木相關科系畢業且具三年以上橋梁工程相關經驗；
2. 非破壞檢測作業人員：特殊檢測項目之非破壞檢測人員符合 CNS13588「非破壞檢測人員資格檢定與授證」中之規定。

交通部運研所於每年度定期委外辦理相關講習會，例如橋梁檢測評估與維修人員訓練講習或近期的橋梁維護管理訓練講習課程，前者以橋梁檢測作業技術為主，後者除了橋梁檢測以外，還涉及橋梁安全相關課題，每年度課程內容與講師安排可能不同。對講師資格、課程內容及對應時程要求沒有特別規定，也沒有考試規定。

## 5.11 小結

本節將對國內目前橋梁檢測執行情形之困難與問題，依執行面與技術面進行總結：

### 1. 執行面

- (1) 橋梁檢測工作若要橋梁管理單位完全自辦有困難。
- (2) 中央考量安全性之預算編制可能不滿足地方經濟發展的預算需求。
- (3) 一縣多治或偏遠地區缺乏優質顧問公司等情形，致使橋梁檢測品質良莠不一。



- (4) 老舊橋梁經常會遭遇竣工資料缺乏之情形。
- (5) 橋梁檢測工作是否落實及檢測資料正確性有疑慮。
- (6) 橋梁檢測有時會遭遇機具缺乏或通行不便之情形。
- (7) 目視檢測河中段、橋台基礎、橋墩基礎與支承等部分可能有困難。

## 2. 技術面

- (1) 公路橋梁 D.E.R.&U.法精簡但恐失客觀性；A.B.C.D.N.法劣化評估標準較客觀，但工作量大，無法了解範圍、重要性、橋梁指標，也沒提供對應的維修工法。
- (2) 公路鋼結構橋梁於 D=1 亦須填寫 E 及 R 等指標，與一般公路橋梁於 D≥2 才填寫不一致。
- (3) D.E.R.&U.法對 D=2 之判定與對基礎部分的 E 值評斷不易。
- (4) 「橋墩墩體/帽梁」項目之明確部位需配合圖示或備註說明。部分檢測項目(如隔音牆、防眩版等)歸類「其它」，難以辨識。
- (5) 橋梁檢測相關書籍多，判定準則、修復工法、初評表待統一、完善。
- (6) 公路橋梁 D.E.R.&U.法之評判原則、表格填寫有賴手冊或教材訓練說明。
- (7) 評估指標難以正確反應橋梁全面功能(安全、使用、需求)；評估結果支援後續決策應用受限。
- (8) 檢測人員的資格、受訓、認證，無相關規定。



## 第六章 訪談分析目前橋梁檢測執行情形及問題點

本研究團隊依據服務建議書所列工作項目，設計訪談問卷，然感謝公路總局、高公局及縣市政府橋梁管理單位承辦人員、實際檢測人員以及學術單位專家等協助進行訪談、記錄，確切瞭解國內橋梁檢測執行情形，以找出橋梁檢測執行上的問題點予以彙整，並作為本研究提供有效實施建議的依據之一。

### 6.1 訪談對象與時程

本團隊於民國 100 年 3 月初開始進行資料蒐集與必要之訪談，針對交通部部屬單位(公路總局與高公局)承辦人員、縣市政府(包括臺北市府、新竹縣政府與雲林縣政府)橋梁管理單位承辦人員、實際檢測人員及及學術單位專家，分別進行訪談與資料蒐集，以瞭解各橋梁管理單位管轄橋梁之現況及整合問題點。有關各相關單位承辦人員以及實際檢測人員等訪談時間、地點以及與會單位(人員)，請參考表 6-1，部分人員則多次經由電話與書面內容進行了解，以「-」表示。

表 6-1 受訪人員名單

編號	受訪單位	受訪人員	受訪時間/地點
1	公路總局	翟慰宗 延允中	3/21 公路總局 602 室
2	公路總局 第二區養護工程處	陳毅銘	-
3	公路總局 第二區養護工程處	陳建華	-
4	高公局中區工程處	饒書安等	-
5	高公局中壢工務段	廖偉勝	-
6	運輸研究所	巫柏蕙	3/29 運輸工程組(9 樓)
7	臺北市府	劉筱羚	3/30 新建工程處(6 樓東南區)

編號	受訪單位	受訪人員	受訪時間/地點
8	新竹縣政府	彭瑞馨	3/17 工務處養護科(2樓)
9	雲林縣政府	林喬賢	4/6 工務處養護科(後棟2樓)
10	逢甲大學	徐耀賜	3/29 逢甲紀念館520室
11	實際檢測人員	李建輝	3/11 中興大業大樓
12	實際檢測人員	林建清	3/25 中興大業大樓
13	實際檢測人員	陳護升	中興大業大樓
14	實際檢測人員	葉啟章	中興大業大樓

## 6.2 訪談紀錄彙整

訪談的目的在於透過與相關人員訪談的過程中，詳細了解各橋梁管理單位之橋梁現行狀況，與橋梁檢測人員於橋梁檢測所面臨的困難及問題點等，未來才能因應真正的問題，思索及建議合理可行之檢測施行辦法，與有效進行風險評估規劃。

本節將彙整所有訪談過程與內容，而訪談成果將成後續工作項目施行參考之重要資訊，以確保本計畫專案能夠有效實行，並達成規劃預期效益。各單位人員詳細的訪談內容檢附於「附錄二 訪談記錄表」。以下則依作業規定與流程、評估方式、檢測項目、檢測表格、檢測等級、檢測時機、檢測人力、檢測經費、辦理方式、儀器設備及檢測結果應用於維管決策等十一個項目，分別列出要點內容。除此之外，因為各個單位的情況各不相同，部分意見為數個單位共同反映，部分意見為特定單位反映結果，因此以下所彙整的要點內容將加註單位來源以示區分，例如(公)為公路總局、(高)為高公局、(運)為運研所、(北)為臺北市政府、(新)為新竹縣政府、(雲)為雲林縣政府、(徐)為徐耀賜教授及(實)為實際檢測人員等。

## 6.2.1 作業規定與流程

### 1. 執行情形與問題

- (1) 依循公路養護手冊及實情需求調整，遵循無困難。(公、高、運、北、新、雲、徐)
- (2) 作業流程步驟一「竣工圖說蒐集」的部分，大多數老舊橋梁缺乏竣工圖說資料，需請檢測人員進行量測、繪圖。(新、雲、實)
- (3) 作業流程步驟二「橋涵構件的空白簡圖繪製」視需求而定，通常是有損傷須以圖示說明才會繪製。(公、運、實)
- (4) 對健康狀況不佳之橋梁，可能因發現問題愈多，但經費又不足時，使得評鑑分數反而較低，對於認真落實橋梁檢測的工程師有負面影響。(公)

### 2. 相關建議

- (1) 未來可以更實務，例如:定檢頻率回到以前的2年1次。(公)
- (2) 建議對橋梁進行分類，提供各類橋梁檢測重點。(公)
- (3) 判定現象與經驗有關，手冊可依循但累積經驗成果較能統一，建議增加相關圖示及判定標準說明。(實)
- (4) 目前橋梁檢測層面(範圍)，為各結構(道路、橋梁、邊坡…等)各自考量及檢查，缺乏複合考量(大地、結構、道路、水利…等)的層面與規定。(徐)
- (5) 評鑑機制要能鼓勵橋檢人員去發現問題與解決問題。(公)

### 3. 小結

基本上，根據各位受訪人員對作業規定與流程彙整之意見，可了解現有作業規定在遵循上應無困難，但仍有改進的空間。

## 6.2.2 評估方式

### 1. 執行情形與問題

- (1) D.E.R.&U.評估方式屬於主觀檢測，雖然對 D、E、R 值有範圍界定或損傷定性描述，但對同一座橋，不同檢測人員仍會有不同的判定結果。(公)
- (2) 同一座橋，對常年觀測的檢測人員，除非橋梁真有異常情形才會出現不同的檢測結果；但對初來乍到之檢測人員，可能會有判定嚴重損傷之結果。(公)
- (3) 當檢測人員進行一系列橋梁之檢測時，若起初檢測橋梁有極度嚴重損傷現象，會使後續檢測橋梁損傷顯得不嚴重，也會導致後續橋梁的判定結果偏向安全。(公)
- (4) 評估  $D \geq 3$  且  $R \geq 3$  時，會被列管要求於 1 年內(如：公路總局、北市等)維修。當評判 R 超過 2 尚未達 3，若經費足夠，會以  $R=3$  填報，以確保橋梁功能；假若個別單位維修經費有限，但橋梁安全無疑，可能會寫  $R=2$ 。(公)
- (5) D.E.R.&U.目視檢測評估法較佳，可以於短時間內完成大量橋梁初步檢測評估，記錄方式精簡快速。(運)
- (6) 目視檢測只能提供縣府橋梁「安全」狀況，但縣府並無法從中了解橋梁的載重狀況，難以判定是否超載。(新)
- (7) D.E.R.&U.檢測及記錄資料，可提供統計功能應用，但不足以提供決策功能應用。(徐)
- (8) D.E.R.&U.的「D」(劣化程度)項，當 D 可能介於 2(尚可)~3，很難判定是否要填可能要維修的  $D=3$ 。若為了節省麻煩，只要  $D=2$  便填報需要維修，卻又會使橋梁維修費用增加許多。(實)
- (9) D.E.R.&U.的「E」(劣化範圍)項，對基礎部分有填寫困擾。如

橋梁基礎埋在地底下，結構狀況可從橋齡及周遭情形評估為「良好」，但實際是看不見的，若寫「無法檢測」，卻在「D」項填「良好」，並不符合邏輯。偏偏多數「良好」基礎都是埋在地底下的，若全填寫「無法檢測」，會有記錄充足性的問題，且對管理單位用處不大。(實)

## 2. 相關建議

- (1) 建議對  $D \geq 3$  且  $R \geq 3$  需維修構件，詳細說明劣化情形、位置及提供照片。(公)
- (2) 對  $D=2$  的判定需要更明確的標準，且是否需要提報維修，也最好有規則可循。(實)
- (3) D.E.R.&U.的「E」(劣化範圍)項最好有規則可循。(實)

## 3. 小結

根據受訪人員對目前橋梁檢測評估方式所彙整的相關意見，可知目前評估方式採用 D.E.R.&U.法係依靠主觀判定，致使不同人員評估結果存在差異性，且 R 值判定會因經費考量而更謹慎，但 D.E.R.&U.法仍具有簡便快速之優點，只是實用上有賴說明，在提升維管決策實用性方面亦可改進。

### 6.2.3 檢測項目

#### 1. 執行情形與問題

- (1) 鋼構針對構件劣化依損傷模式細分，費時不實務。(公)
- (2) 目前的檢測項目僅對橋梁本體評估，並無包括外部危害因素之考量。也就是說，即使 D.E.R.&U.檢測結果良好，橋梁本身也無損傷，但因突如其來之外部危害因素(如過度超載、洪水嚴重沖刷等)對橋梁造成弱點攻擊，仍可能造成橋梁損壞。(公)
- (3) D.E.R.&U.表中的項目主要可區分為「安全性」與「服務性」

兩大類，對各種功能之反映，目前是透過不同的指標，給予各項目不同權重以張顯其重要性或影響性。(公)

- (4) 著重於記錄橋梁「安全性」資訊，各項目是適當的。(運)
- (5) 直接影響用路人(行車)安全之服務性項目為關鍵項目。(北、雲)
- (6) 影響橋梁結構安全的項目均為重點。(高、新、雲)
- (7) 橋梁匝道與主線間的伸縮縫目前並無法放在 D.E.R.&U.表內。(實)
- (8) 有部份無法直接反應的檢測項目，如隔音牆、防眩版、照明等附屬設施只能填於第 21 項「其它」。(北)
- (9) 第 14 項「橋墩墩體/帽梁」，包含橋墩墩體與帽梁，此項損傷無法從表格上知道損傷部位是在橋墩墩體或是帽梁，通常需要配合損傷示意圖或在備註欄說明才能知道損傷位置。(實)

## 2. 相關建議

- (1) 建議於表單或系統中明確列出檢查項目之重要性權重，便於掌握檢測重點。(公)
- (2) 建議匝道應另外獨立成另一座橋，以符合各橋墩的編號順序以免搞亂。(實)
- (3) 建議檢測人員明確了解檢測項目定義。(實)
- (4) 建議採用數位式檢測之方式，除了利用 D.E.R.&U.檢測中橋梁基本資料的記錄外，其它許多橋梁檢測項目可以減免，均利用影音完整記錄。(徐)

## 3. 小結

根據受訪人員對檢測項目部分所彙整的相關意見，由執行情形



與問題的第1點可知檢測項目中的構件劣化若要依照損傷模式細分很費時；第2點指出現有檢測項目當缺乏反映外力危害之影響；第3點至第6點則表示目前的檢測項目數量與名稱適當、也都很重要，關鍵性則因人(橋管單位)而異；第7點與第9點提出部份的檢測項目會有無法明確表示的問題，該些問題有些可配合損傷圖示或說明解決，或是可考慮採用數位式檢測之方式。

## 6.2.4 檢測表格

### 1. 執行情形與問題

- (1) 檢測表格使用方便但須經驗判斷。對經驗不足的檢測人員，可能會有依表格(純文字)卻無法了解需要檢測位置的情形，或依經驗、主觀判斷而有較大出入的情形，這應可透過制度面(如建立含照相片、影音之檢測手冊、教育訓練)的建立，加強檢測員素質要求，以有效提升橋梁檢測效益。(運、北、雲、實)
- (2) 經驗豐富的檢測人員才是目視檢測的關鍵，就初步的評估而言，目前的檢測表格是相當的方便，但對日後的詳細評估而言就顯得相當的單薄，尤其是需要詳細評估的橋梁，應配合劣化現象的圖面記錄目視檢測才會有用。(實)
- (3) 第(5)項橋台基礎、第(6)項橋台除了於各自區域填寫 D、E、R 值以外，其對應之支承等損傷細則，一般填寫於「橋台或橋墩」區域，對經驗不足或未注意的人員，會有填寫錯誤或判讀錯誤的情形發生，尤其是需要擷取損傷位置資訊時，可能也會擷取到錯誤位置的資料。(實)
- (4) D.E.R.&U.檢測表用以表示橋梁安全評估應已足夠，但無法顯示使用性與需求性等其它資訊。(新)
- (5) 檢測表格資訊若彙整成橋梁指標(如 CI 指標、PI 指標等)等，橋梁健康狀況會被眾多項目權重所稀釋。(公)

- (6) 特殊橋能帶出自己的格式更好：目前 D.E.R.&U.表的主要項目可適用各類型的橋梁，但部分橋梁才特有的項目(例如，鋼橋的接頭部分)，往往只能在備註說明處補充說明情況，看能否在檢測表格提供擴充欄位，如特殊橋梁才會有的構件或部位項目，可額外附加在 D.E.R.&U.檢測表格上，即使如此，也無法列入橋梁指標。(公、新、實)

## 2. 相關建議

- (1) 附註一定要詳細。橋梁目視檢測表格含有附註欄位，可利用該欄位詳細補充構件損傷情形。(公、運)
- (2) 利用數位式檢測之方式，透過專家以錄影加錄音方式記錄，可更完整及確實反映橋梁健康狀況，且不需要新增檢測表格。(徐)

## 3. 小結

根據受訪人員對檢測表格部分所彙整的相關意見，由執行情形與問題的第 1 點至第 3 點可知使用者素質與經驗很重要，而現有的表格使用雖然方便，仍會有誤填或混淆情形；第 4 點與第 5 點提出現有表格無法反應橋梁全面功能，而使用時於附註欄一定要詳細記錄損傷情形，或可考慮數位式檢測的方向後詳實記載橋梁損傷情形；第 6 點談及表格制定，需多加權衡各自的優缺點。

### 6.2.5 檢測等級

#### 1. 執行情形與問題

- (1) 三種等級之目的與重點不同，落實執行可達成橋梁檢測目的，即早期發現橋梁健康問題。(公、運、徐)
- (2) 各等級檢測資料無決策的功能。(徐)
- (3) 定期檢測確有必要，經常檢測之日常巡檢最有幫助，可於平時

檢測適時發現異常狀況，因二年一次之定期檢測或特別檢測不能獲得即時訊息，而經常檢測最能及時反應橋況。(高、北)

- (4) 應是以安全性為主的定期檢測與特別檢測最為關鍵，主要是定期檢測與特別檢測，供縣府掌握平時與天災後橋梁的健康狀況。定期檢測因為是全面性檢測，並包含重點項目。(運、新、雲、實)

### 3. 小結

根據受訪人員對檢測等級部分所彙整的相關意見，可以了解到目前各檢測等級重點不同，落實辦理可發現橋梁問題，但決策支援有限。

#### 6.2.6 檢測時機

##### 1. 執行情形與問題

- (1) 人力不足的情況，太過於頻繁的檢測會難以實行。(公)
- (2) 現有檢測頻率對山區橋梁仍屬恰當與必要。山區橋梁檢測頻率不宜降低，尤其是山區小型且老舊橋梁，若因位於山區而過於忽視，往往最容易產生重大損傷。檢測頻率也不宜過高，因太頻繁之檢測，會無法看出橋梁損傷情形。(公)
- (3) 檢測時機可再增加時段，例如增加季檢測，檢測時間為每年度的2-5月、5-8月、8-11月、11-1月。(高)
- (4) 以目前的人力與經費情況，各等級之檢測時機均恰當。(新、雲)
- (5) 定期及特別檢測都應執行，但應增加特別檢測執行次數。(實)
- (6) 目前檢測頻率係參考美國橋梁檢測頻率規定，若各單位要調整其檢測頻率，最好需有強力的依據支持，否則當調整檢測頻率(尤其是延長檢測間隔時間)，又不幸在該期間橋梁遭受損害，

易引起爭議及檢調單位關切。影響橋梁安全性的因素多(如車輛超載、河道變化等)且不確定性非常大，要預測未來的橋梁狀況難度很高，因此欲對每座橋梁制訂個別的檢測頻率，不僅縣市政府沒有能力訂定，中央主管機關也沒有能力核定。(運)

## 2. 相關建議

- (1) 應視橋梁年份、交通量、需求性彈性制定檢測時機與頻率。(徐)
- (2) 若要提高檢測頻率，則建議由不同人實施檢測，較能看出橋梁損傷之變化。(公)

## 3. 小結

根據受訪人員對檢測時機部分所彙整的相關意見，可知檢測頻率是高是低乃視各單位人力及需求而異，若能依據橋梁風險高低彈性化規定檢測頻率將更實際，但檢測頻率的訂定及核定者所需擔負的責任重大。

### 6.2.7 檢測人力

#### 1. 執行情形與問題

- (1) 1個養護人員要管理道路、鋪面、號誌等，還要兼辦橋檢事務，人力嚴重不足。(公)
- (2) 橋檢工作非常重要，但自辦人員所需承擔的責任非常重，基層人員難以承擔，致使承辦橋檢工作意願低及承辦人員流動快。(公)
- (3) 橋梁檢測訓練課程有時間與名額限制，若來不及報名參加訓練課程，則會導致橋梁評鑑因人員受訓項目遭受扣分。(公)
- (4) 縣府人員兼任承辦橋梁檢測的事務，且非專責辦理。人力不足情況嚴重，且縣內橋梁數量眾多，難以交由縣府人員實行檢測工作，因此縣府完全由廠商派遣人力執行橋梁檢測。(新、雲)

- (5) 人力稍嫌不足 (高、北)
- (6) 人力應是普遍不足。交通部曾研擬以土木背景替代役男作為地方政府橋梁檢測人力之補充來源，因交通部無法從國防部挑選土木背景替代役男，且地方政府之資源多數不足以負擔及管理替代役男，因而作罷。(運)
- (7) 檢測人員沒有學歷與資格限制，但經由評鑑制度鼓勵，如受訓、年資等加分。(公)
- (8) 廠商檢測人力的學經歷與資格無訂定標準，無檢測人員認證制度，只能要求投標廠商列舉人員資格與學經歷，由外聘委員認定及評選機制篩選優良廠商。(北、新、雲)
- (9) 現有的橋梁檢測教育訓練課程也有檢討的部分，像是學員是否有真正聽課、授課人員有時並非實務人員等問題。(徐)

## 2. 相關建議

- (1) 人力擴充；適當委外(技術性橋梁檢測工作交由專家進行)，分級處理。(公)
- (2) 可否增加檢測人力。(高、北)
- (3) 委外公司檢測人員專業素質極為重要，經常影響檢測準確度。建議於招標時，明訂承包商檢測人員資格及檢測經驗、實績。另針對高公局橋梁養護工程司進行在職訓練，提升專業與技術，以判定承包商檢測之正確性。(高)
- (4) 目視檢測應統一由政府單位(eg.運研所)定期舉辦研習會或相關橋梁檢測教育訓練班，讓全國橋梁檢測廠商受訓，並頒發合格證書以確保成果與檢測標準一致；評估成果則需統一的規範遵循，需有相關技師簽核認證。(高、實)
- (5) 檢測員應有資格限制，檢測評估宜交由專業人員(廠商)辦理，

由專業顧問公司長期聘用具有多年橋梁設計檢查工程師，且具有 5 年以上橋梁檢測經驗之工程師進行檢測作業。(實)

- (6) 要推行數位式檢測需有真正懂橋梁檢測的專家。因此，除了現有橋梁檢測教育訓練課程外，需開立更高等的橋梁檢測教育訓練課程，除要求需具土木技師或結構技師等資格方能參與外，對課程內容的層面與專業程度也需提昇。(徐)

### 3. 小結

根據受訪人員對檢測人力部分所彙整的相關意見，可知橋管單位的人力普遍不足，且由於橋檢技術性高，所以部分橋檢事務委外辦理勢在必行，而對應的配套措施便很重要；另一方面，橋檢事務的技術性高，但國內仍缺乏橋檢人員資格標準與專業認證制度，也是有待加強之處。因此，為了確保橋梁檢測結果，需從以下方式著手：

- (1) 建立一致的橋檢評估標準(含圖像及評估準則等)。
- (2) 透過受訓、資格認證及經驗傳承培養檢測人員專業素質。
- (3) 辦理方式可透過查核機制以落實橋檢工作。

## 6.2.8 儀器設備

### 1. 執行情形與問題

- (1) 橋梁部分位置，受望遠鏡倍率限制會影響判讀結果，通常需配合橋梁檢測車執行；抑或是現場進行拍照，再回工務段辦公室利用電腦放大照片判讀。(公)
- (2) 受地理環境影響，山區橋梁普遍跨徑小，致使大型橋梁檢測車無法使用，或因山區道路狹窄，而使大型橋梁檢測車無法通行。(公)
- (3) 橋檢早期有配置相關配備，但長久以來需要更換或補充。若橋

梁檢測車過於老舊，或是檢測車操作人員因為替換而不熟悉操作，恐有使用故障。(公)

- (4) 山區工務段因網速慢，經常造成橋梁管理系統線上填檢測數據遭遇中斷之情形。(公)
- (5) 目視檢測儀器較無問題，一般是非破壞性檢測等需要使用電子儀器者，較有此類問題。(高、新、徐、實)
- (6) 量測電子儀器類(如測距儀、定位儀)，要求廠商校正後使用，否則檢測數據可能出現錯誤。(新)

## 2. 相關建議

- (1) 橋梁檢測車等機具或橋檢相關配備，建議應於一定年限後，因過於老舊或操作功能喪失而汰換。(公)
- (2) 要有效地辦理橋檢工作，軟、硬體應該均調整與配合較佳。(公)
- (3) 應由專業廠商使用量測，並經橋梁專業人員綜合判斷。(實)
- (4) 數位式檢測僅需攝影器材，惟影音資料儲存空間需求大，因此需要配合橋梁篩選機制進行檢測。(徐)

## 3. 小結

根據受訪人員對檢測儀器部分所彙整的相關意見，可知目視檢測儀器較無問題，但老舊設備應建立汰換機制，而電子檢測儀器應由專業廠商使用較無問題；若採用影音資料記錄，需考量儲存空間需求。

### 6.2.9 檢測經費

#### 1. 執行情形與問題

- (1) 橋檢為業內工作，沒有經費預算問題。針對重要橋梁定檢人力不足時，或有立即性危險時，編預算報局審核，由重點養護或

一般養護費支應，專案辦理。(公)

- (2) 檢測經費略不足。若需詳細檢測評估，會有經費不足情形。(高)
- (3) 檢測經費尚足夠。(北、新、雲)
- (4) 改善(維護與補強)經費非常不足且不穩定。(新、雲)
- (5) 特別預算並非每年都有，且限制專款專用，非常不具彈性。特別預算由運研所依橋梁資料核定，所核定的橋梁改善順序(僅考慮安全性)與縣府需求有出入。(新)
- (6) 應定期編列預算以維護橋梁及民眾通行安全，除一般目視檢測外，也應對後續問題處理有通盤性檢討。(實)
- (7) 地方政府首長是否重視橋梁檢測，是影響經費的重要因素。部分地方政府著重其它發展，經費分配於橋檢及養護的比例少，使轄區內的橋檢及維修難以落實辦理。(運)
- (8) 每年從中央政府取得的統籌分配款額少，因此各方面活動與公務推動之經費本來就不多。(雲)
- (9) 推動數位式檢測，僅需提供專家顧問費用，數量上只針對篩選過後的橋梁，應不會有經費上的困擾。(徐)
- (10) 對新建橋梁，推動「30年以內免維修橋梁」，僅需日常巡查，減少定期檢測作業與成本。訂定30年是因為國內橋梁設計至少都50年以上，30年的橋梁除非遭遇重大天然災害，理應無結構性安全上的疑慮，此外，亦可透過橋梁管理系統及各縣市政府的資料，統計受損橋梁與年份的或然率，以作為免維修橋梁年份之依據。(徐)

## 2. 相關建議

- (1) 建議編列預備金支應需詳細檢測評估等經費不足情形。(高)
- (2) 建議建立當年度之第一階段資格標廠商名單，於需要時辦理議



價或比價，或建立年度專業廠商之開口契約，以於年度內縮短完成期程或辦理緊急工作或工程。(高)

- (3) 建議中央政府能參照縣府所提改善順序。(新)
- (4) 因成立預算曠日費時，縣市政府應有權宜機制(例如編列預約維護費用)以因應即時維修。(實)

### 3. 小結

根據受訪人員對檢測經費部分所彙整的相關意見，可知各橋管單位對一般橋檢費用之需求並無疑慮，但若需要進一步實施進階檢查或進行改善，所需額外的經費較有問題。除此之外，縣市政府用於橋梁事務的經費除了受政府年度編列預算影響外，另一項主因則與縣市政府首長所規畫的施政重點有關。

#### 6.2.10 辦理方式

##### 1. 執行情形與問題

- (1) 目視檢測而言，有些檢測項目不易以路巡或人力、設備較少的方式完成。因人力不足或因技術性高判定缺失原因有困難時，建議編列完整經費和設備，允許部份工作委託專業廠商辦理。(公, 實)
- (2) 自辦為主，主要憑藉工務段工程師經驗進行判定與記錄。(公)
- (3) 若採取委辦方式，會受經費限制而不被允許實施；但採用自辦方式，因為尚未有相關認證，導致自辦之判定結果常不被認可，也無從證明所判定結果之正確性。(公)。
- (4) 因經費有限及人力缺乏，只能委託廠商辦理。(高、北、新、雲)
- (5) 因人力不足，經常檢測交由廠商回饋辦理，頻率為半年一次。(雲)

- (6) 委外不同意價格標，採固定價格評選決標。(公)
- (7) 為了保障檢測品質，採評選標。(北、雲)
- (8) 採用評選或價格標方式，縣府參照其它單位辦理方式，及視經費多寡進行考量。(新)
- (9) 用價格標一般被垢病可能喪失檢測品質，其實配合清楚詳細的契約規定(含罰則)辦理，應可保障品質。(高、運)
- (10) 檢測辦理應由專業廠商辦理評估，而非用價格決定一切。(實)
- (11) 以人力擴充、適當委外、配合嚴謹查核(現場抽查、三級品管)與紀錄來確保檢測結果。(公)
- (12) 書面審查，較難了解實際現況。緊急情況(如混凝土塊掉落)還是需要透過民眾反映才得以了解。(北)
- (13) 目視檢測可大致掌握橋梁狀況，但會有些許誤差。(新)
- (14) 橋梁檢測採用委外辦理者，應建立保險機制，如抽檢廠商檢測結果與事實不符者，需無條件更正，或訂定罰則等。(徐)
- (15) 部分地方縣市政府在管理轄區內橋梁呈一縣多治的情況，致使橋梁管理紊亂，難以掌握橋梁情況與檢測落實辦理。(運)
- (16) 部分地理位置相對偏遠的地方縣市政府，很難會有素質高的廠商承攬橋梁檢測事務，也難有優良委員負責遴選廠商，使橋梁檢測品質良莠不一。(運)
- (17) 填報項目數量繁雜，跨各專業名詞及填報項目定義缺乏或未明確統一。(高)
- (18) 緊急或特別檢測人力、儀器及車具尚嫌不足，於要求時間內或執行上略為勉強。(高)
- (19) 檢測辦理執行困難點有時會遭遇現地施工機具與通行路徑缺

乏。(實)

(20) 橋梁竣工資料遺失嚴重。(實)

(21) 落實橋檢以及資料能否反應橋梁現況最重要，最大問題是資料不正確。(公)

## 2. 相關建議

(1) 橋檢事務技術性偏高，致使養護及修復問題的處理不容易，有時並非工務段工程師能夠辨識或解決，再加上人力不足，建議未來對具專業性問題或特殊性橋梁朝向適當委外辦理，分級處理，且可減少檢測判定爭議與判定變異性。(公)

(2) 實施認證制度，以確認檢測人員資格與素質。(公)

(3) 除現有檢測等級(屬於初步檢測性質)之外，建議2年或3年可以委外辦理橋梁總體檢，進行較詳細確實之檢測橋梁穩定狀況。(公)

(4) 依重要性進行橋梁「分級」，可對重要性橋梁，委請專業廠商進行檢測。(公)

(5) 建議研訂「橋梁檢測標準專案工作手冊」(含實施計劃期程、人力分配，自主檢查、預定成果項目、評估報告、各項格式範例，及作業電子檔案)，方便委辦廠商參照。(高)

(6) 交通部頒訂「橋梁檢測契約範本」，可供各橋梁管理單位參考使用。(運)

(7) 應加強業管單位對竣工資料之保管(包含維修補強竣工資料)，以利橋梁檢測評估之判斷。(實)

(8) 橋梁檢測技術科技逐步發展，需要適時導入新科技技術。(高)

### 3. 小結

根據受訪人員對辦理方式部分所彙整的相關意見，由執行情形與問題中第 1 點至第 5 點再度反映橋管單位人力不足的情況，且橋檢技術層面高，因此適度委辦將為趨勢；第 6 點至第 10 點所列为橋管單位於辦理橋檢事務時，對評選標或價格標的選擇主要是受到經費的影響，若要採用價格標者，則最好能由標準工作手冊與嚴格的契約來保障品質；第 11 點則反映以嚴謹查核確保工作落實與品質；最後，國內部分縣市政府辦理橋檢事務時，會有一縣多治的情況，或是因為地區偏遠之因素，導致橋檢品質難以確保的情況。

#### 6.2.11 檢測結果應用於維管決策

##### 1. 執行情形與問題

- (1) 作為是否維修、進階檢查及編列相關預算之依據。(公、高、北、新、雲、實)
  - a. 橋梁構件  $D \geq 3$  且  $R \geq 3$ ，作為構件(年度內)需維修標準。(公)
  - b. 利用受損橋梁一覽表，在汛期前提報修復工法與預算。(公)
  - c. 工務段人員將有問題橋梁向上級單位呈報，經工程處派員巡視復查後，再決定採用進階檢測、詳細評估或維修措施。(公)
  - d. 依目視檢測評估結果，針對較嚴重具急迫性如  $U=3$  或 4，若已含在年度橋梁維護工程既有工項內則儘速辦理，否則另案發包辦理維修。(高)
  - e. 鍵入臺北市政府橋梁管理系統，視經費狀況，立即或逐年加以修復。(北)
  - f. 作為向中央申請改善經費之依據。(新)
  - g. 作為決定橋梁維修先後順序之依據。(雲)

- h. 作為向中央申請維修預算補助之依據。廠商判定有立即性危險者，先採取封橋措施。若有足夠經費，馬上進行規劃設計，並發包維修補強；若無經費，則編列下一年度預算處理。(雲)
  - i. 作為是否需要進階檢測之依據。(雲)
  - j. 目視檢測結果通常當作混凝土一般劣化現象修復依據及是否需進行詳細評估之參考用。目視檢測若無疑慮可進行一般維修，若有疑慮則建議進行詳細檢測及後續補強設計。(實)
- (2) 作為橋梁維管作業評鑑依據。(公、運、北、新、雲)
- a. 各工務段彙整轄區橋梁檢測資料作為稽核評比依據。(公)
  - b. 運研所用於橋梁評鑑。(運)
  - c. 供交通運研所進行縣市政府橋梁評鑑。(北、新、雲)
- (3) 提供橋梁管理資訊(運、新)
- a. 相關資料供橋梁管理單位了解橋梁狀況。(運)
  - b. 配合橋梁管理系統，在汛期前警示橋梁管理單位。(運)
  - c. 提供地方民眾(民代)詢問橋梁資料。(新)

## 2. 相關建議

利用數位式檢測資料及專家小組開會討論後，可真正對橋梁問題擬定有效決策。(徐)

## 3. 小結

根據受訪人員對檢測結果應用於後續維管決策所彙整的相關意見，可知目前橋檢資料主要作為維修、進階檢查及編列相關預算之依據、橋梁維管作業評鑑依據及提供橋梁管理資訊等功能，能協助中央機關管理橋梁及具有統計國內橋梁基本資訊等功能，但缺乏決策功能。



## 第七章 現地檢測作業問題點與檢測結果變異性

本研究規劃現地檢測一座橋梁實施目視檢測，提出檢測作業問題點及探討不同檢測人員檢測結果之變異性。以下就橋梁檢測會產生差異的問題點進行彙整，後續建議評估檢測結果變異性的方法，最後利用所建議方法對現地檢測評估數據進行分析與探討。

### 7.1 現地檢測作業問題點

一般來說，現地橋梁檢測結果出現差異性的主要問題來源可能來自於以下幾點：

#### 1. 主觀認知差異

由於橋梁目視檢測判定的主觀性強，如 D.E.R.&U.評估方式往往透過檢測人員的主觀判定，由於每位檢測人員的感知性不同，即使遭遇相同的橋梁損傷情況，不同檢測人員也會存在認知差異，此為橋梁檢測結果出現差異的最主要來源。

#### 2. 專業檢測教育訓練與否

檢測人員是否受過專業檢測教育訓練，會影響檢測評估結果。也就是說，同一位檢測人員在受專業檢測教育訓練前後，對同一座橋評估之結果即可能產生歧異。因此，所有橋梁檢測人員都會要求經過專業檢測教育訓練，以降低橋梁檢測評估結果的差異。

#### 3. 經驗程度差異

不同經驗程度的檢測人員，可能對同一座橋的檢測評估結果產生差異，此為經驗差異所造成的影響。經驗不足的檢測人員往往只能看到及記錄橋梁的表面狀況，尤其當橋梁損壞狀況不明確，經驗不足的檢測人員對橋梁受損情況及急迫性往往無法判定；相反地，經驗豐富的檢測人員，不僅記錄橋梁的表面狀況，更可藉由這些記

錄間接或直接判讀橋梁的功能性是否正常。

#### 4. 檢測表中項目定性描述是否足夠、清楚

目視檢測表中內容大多以定性文字敘述，未有圖片輔助。因為不同檢測人員對文字解讀不同，或無法對照文字敘述與現地狀況時，也會讓不同的檢測人員產生不同的評估結果。除此之外，沒有經驗的檢測人員對橋梁部位不了解時，也會對評估結果應於檢測表格中之填寫位置產生困擾。

#### 5. 依循準則是否一致

以國內目視檢測評估方法採用的 D.E.R.&U.評估準則為例，在「公路橋梁一般目視檢測手冊」與「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」中的評估準則，對劣化程度(D 值)的判定與評估方式有些微的差異。在「公路橋梁一般目視檢測手冊」中，D=1 代表該構件的狀況良好，故不需填寫劣化範圍(E 值)及劣化現象對橋梁的影響度(R 值)，僅在  $D \geq 2$  時，才需填寫 E 跟 R 值。而在「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」評估準則中，D=1 代表檢測構件狀況良好或輕微損傷，所以檢測人員必須再填寫 E 跟 R 值。另外，「公路橋梁一般目視檢測手冊」僅填單一構件指標，而「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」則有單一構件不同劣化模式之檢測項目。此外，檢測表格填寫之方式，對無此項目、無法檢測等檢測項目，會有「D、E、R 欄位均填寫 0」、「D、E、R 欄位保持空白」、「無此項目時 D 欄位填寫 0，其它保持空白；無法檢測時 E 欄位填寫 0，其它保持空白」等不一致的情形發生。若檢測作業人員採用不同的準則依據，也會有不同的評估結果。但此點可透過制定統一評估準則標準，以避免檢測人員產生混淆或增加誤判的風險。

#### 6. 現地檢測作業可能遭遇之其它情形

除了上述主要的問題點之外，檢測人員於現地檢測時可能遭遇的其它情形，探討如下：



(1) 編號順序混亂

橋梁現地目視檢測及填寫 D.E.R&U 檢測表時，需先辨識橋梁方位，以確認橋頭、橋尾位置及橋孔編號，再逐跨進行損傷評估及記錄。惟經驗不足之檢測人員，可能無法正確判定橋梁方位，而使損傷記錄順序混亂。雖然對整體橋梁評分不會產生影響，但對後續採取維修補強措施時，會導致維修補強人員對修補構件產生困惑及困擾。

(2) 現地 GPS 座標與橋梁管理系統橋梁資料不符

在橋梁管理系統已有基本資料及橋檢記錄之橋梁，再次進行橋檢時，可能會遇到現地 GPS 定位座標與橋梁管理系統記載橋梁基本資料之座標不符之情形。為能正確辨識橋梁之橋頭、橋尾位置及橋孔編號等，除 GPS 定位外，一般可利用公路上里程數辨識橋頭與橋尾，即里程數較少端為橋梁起始端(橋頭)，反之為橋梁終止端(橋尾)，而橋孔編號隨里程數增加之方向而增加。

(3) 缺乏竣工圖說

一般橋梁檢測會配合竣工圖說檢視橋梁狀況，然而當竣工圖說並未刊載或因故遺失，可能對橋梁檢測評估造成影響。例如檢測沖刷嚴重之橋梁，經驗不足人員無竣工圖輔助時，對沖刷裸露部分無法分辨是「橋墩基礎」或「橋墩保護措施」，兩者損傷對結構安全性影響差異甚大。

(4) 構件部位不易檢測

橋梁現地檢測需搭配合宜的檢測工具與環境狀況，否則可能影響檢測。例如高橋墩支撐墊不易檢視，需搭配望遠鏡或橋梁檢測車輔助，否則不易辨識該構件狀況；例如天候不佳或檢測環境亮度不足會直接影響目視檢測判定，需挑選合宜氣候情況實施檢測作業；例如橋墩基礎理應埋設於地表下方，若無裸

露情形，一般難以觀測橋墩基礎狀況，而有經驗的檢測人員則會利用上方橋墩是否有傾斜、橋面與欄杆是否有不均勻沉陷等情形，綜合判定橋基礎狀況。

由上述討論可知，國內橋梁檢測是透過檢測人員的主觀判定，即使透過評估準則統一，及定期教育訓練與檢測圖說輔助，仍存在主觀認知不同、經驗程度差異之影響，也會受到地理環境是否方便檢測影響，因此，現地檢測結果勢必存在不確定性(uncertainties)，導致檢測結果具有變異性。在下一節將基於工程統計理論，提出表示檢測結果與檢測構件變異性的指標。

## 7.2 變異性探討方法

以下先就本研究變量及使用符號定義後，再探討變量之變異性。

### 7.2.1 變量定義

利用 D.E.R.&U.評估方式進行橋梁檢測時，不同檢測人員受到上一節所述問題點影響，讓檢測結果(D、E 及 R 值)具有不確定性。因此，我們可以合理假設 D、E 及 R 值為離散隨機變量(discrete random variable)。離散定義係根據 D.E.R.&U.評估的 D、E 及 R 值均為 0、1、2、3 與 4 的有限數值(分別對應不同情況等級)；而該結果隨不同檢測人員而產生差異，因此使檢測結果具備變量特性。以下將就橋梁檢測的相關變量定義與考量說明如下：

1. 由於橋梁檢測需對不同構件(如引道路堤、橋墩…等)實施目視檢測，因此，令  $D_i$ 、 $E_i$  及  $R_i$  分別表示對橋梁構件  $i$  的嚴重程度、劣化範圍、及對橋梁結構安全性與服務性影響度。
2. 因為不同檢測人員對同一構件  $i$  的  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  會有不同的檢測結果，且 D.E.R.&U.評估方式對  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  值設限為 0、1、2、3 與 4。因此可合理假設  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  為離散隨機變量。

3. 計算橋梁評估指標時，會依狀況指標 CI 或優選指標 PI 的不同，再利用  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  評估構件  $i$  的狀況值  $Ic_i$  (如計算 CI 指標時係利用式 2.5 與式 2.6 計算)，因此  $Ic_i$  為整合構件  $i$  損傷程度、範圍與影響度之資訊指標，且為隨機變量。
4. 假若由  $N$  名檢測人員對同一座橋梁進行目視檢測，並取得  $N$  份 D.E.R.&U. 檢測結果。因此，再分別令  $D_{i,k}$ 、 $E_{i,k}$  與  $R_{i,k}$  為第  $k$  位檢測人員 ( $k=1, \dots, N$ ) 對構件  $i$  的檢測記錄，而  $Ic_{i,k}$  則表示為第  $k$  位檢測人員計算構件  $i$  的狀況值。

### 7.2.2 變異性分析

根據工程統計理論，隨機變量  $D_i$  的期望值(expected value) $E[D_i]$  與變異數(variance) $Var[D_i]$  可如下計算<sup>[90]</sup>：

$$E[D_i] \approx \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \hat{D}_{i,k} \dots\dots\dots (7.1)$$

$$Var[D_i] = E[(D_i - E[D_i])^2] \approx \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (\hat{D}_{i,k} - E[D_i])^2 \dots\dots\dots (7.2)$$

其中，期望值  $E[D_i]$  表示變量  $D_i$  的平均數；變異數  $Var[D_i]$  描述變量  $D_i$  的離散程度，也就是該變量離期望值的距離；而  $\hat{D}_{i,k}$  為實際觀測資料。同理可估算期望值  $E[E_i]$ 、 $E[R_i]$  及  $E[Ic_i]$  與變異數  $Var[E_i]$ 、 $Var[R_i]$  及  $Var[Ic_i]$ 。

重要的是，由於  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  的值域相同，因此變異數  $Var[D_i]$ 、 $Var[E_i]$ 、 $Var[R_i]$  表示對  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  的記錄變異性(若值域不同，需經正規化程序方可比較)；而  $Var[Ic_i]$  與  $Var[Ic_j]$  ( $i \neq j$ ) 表示檢測人員對不同構件的記錄變異性。換言之，若構件  $i$  的  $Var[D_i]$  值最大，表示檢測人員對構件  $i$  「劣化程度評估」具最大差異；同理，若構件  $i$  的  $Var[Ic_i]$  值最大，表示檢測人員對構件  $i$  「綜合評估」具最大差異。

## 7.3 案例探討

為落實橋梁檢測變異性探討，本計畫選定座落於南投縣國姓鄉省道上之跨河橋梁進行目視檢測作業。為反應不同經驗程度的檢測人員對檢測結果的變異性，本研究規劃依實際檢測經驗為 2 年以內、2-5 年、5 年以上分為三個組別，共計 30 人利用 D.E.R.&U.評估方式進行目視檢測與評分。

### 7.3.1 現地檢測橋梁說明

本計畫選定橋梁基本資料為：於民國 74 年竣工完成，橋齡約 27 年，係座落於南投縣國姓鄉跨越烏溪的臺 14 線上，重車交通頻繁，其長約 160 公尺(總橋孔數 4，每跨 40 公尺)、寬約 16 公尺，其中上部結構簡支預力 I 型梁構造，橋面板厚約 15 公分，下部結構為混凝土壁式橋墩三根。蒐集分析竣工資料、建立好檢測表格、統一採用『橋梁目視檢測評估手冊(草案)』標準、備妥工具後，至現場進行座標量測以及各項目檢測，完成填表。

### 7.3.2 變異性分析結果

以下利用 30 位檢測人員對上述橋梁進行 D.E.R.&U.的評估數據，進行變異性分析與探討。

#### 1. 檢測結果變異性分析與探討

本案例構件  $i$  的  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  的變異性分析結果分別如表 7-1、表 7-2 及表 7-3 所示。其中，為比較不同年資組別對  $D_i$ 、 $E_i$  與  $R_i$  的變異性，各表依「2 年以內」組別、「2-5 年」組別、「5 年以上」組別及總資料(「Total」欄位)進行區分，並依總資料分析之期望值與變異數進行排序。除此之外，因為本研究對象無「緣石與人行道」項目，因此各表中對應項目「-」表示無資料。從各表的資料分析結果顯示：

- (1) 表 7-1 顯示劣化程度 D 變異性較大的構件包括：劣化損傷明顯的構件、受檢測工具是否齊備或構件檢測難易度影響的構件。
- (2) 表 7-2 顯示劣化範圍 E 變異性較大的構件包括：受檢測工具是否齊備或構件檢測難易度影響的構件。
- (3) 表 7-3 顯示劣化影響度 R 變異性較大的構件包括：影響安全性或使用性的構件、劣化損傷明顯的構件。
- (4) 依表 7-1、表 7-2 及表 7-3 中，D、E 及 R 之平均變異數，依不同年資組區分結果顯示：2 年以內組別之平均變異數均最小，而 2-5 年組別與 5 年以上組別之平均變異數均差異不大，可能因為 2 年以內組別受限於經驗不足，不易由微小缺陷辨識橋梁隱藏損傷，因此檢測結果變異較小。
- (5) 依表 7-1、表 7-2 及表 7-3 中，D、E 及 R 之平均變異數，依 D、E 及 R 區分結果顯示：
  - a. D 的平均變異性最小，可能原因為 D 相對 E 及 R 有較明確的判定準則。
  - b. R 的平均變異性次之，變異性主要受人員素質與主觀判定影響。
  - c. E 的平均變異性最大，雖然 E 有定量的判定準則(參閱表 2-31)，可能因沒有經過詳細度量，其變異性反而較大。

表 7-1 仙人橋 D 值檢測期望值與變異數

檢測項目	期望值					變異數				
	<2	2-5	>5	Total	排序	<2	2-5	>5	Total	排序
引道路堤	1.9	1.6	1.9	1.80	7	0.54	0.49	0.54	0.51	6
引道護欄	1.7	2.1	1.8	1.87	5	0.23	0.10	0.40	0.26	16
河道	1.3	1.4	1.2	1.30	13	0.68	0.49	0.18	0.42	7
引道護坡- 保護措施	1.6	1.2	1.1	1.30	14	0.27	0.18	0.32	0.29	15
橋台基礎	0.3	0.1	0.1	0.17	20	0.23	0.10	0.10	0.14	19
橋台	1.2	1.8	1.4	1.47	11	0.18	0.40	0.49	0.40	8
翼牆/擋土牆	1.5	1.5	1.3	1.43	12	0.28	0.50	0.23	0.32	12
摩擦層	2.1	1.8	1.6	1.83	6	0.10	0.40	0.49	0.35	9
橋面排水設施	1.9	2.1	2	2.00	3	0.10	0.54	0.44	0.34	10
緣石及人行道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
欄杆及護牆	1.3	1.5	1.9	1.57	9	0.23	0.28	0.32	0.32	13
橋墩保護設施	3.3	1.9	2	2.40	1	0.46	2.99	3.33	2.52	1
橋墩基礎	2.4	1.9	1.5	1.93	4	2.04	2.10	2.28	2.13	2
橋墩墩體/帽 梁	1.4	1.8	1.6	1.60	8	0.49	0.84	0.27	0.52	4
支承/支承墊	1	1.2	1.2	1.13	16	0.44	1.29	0.40	0.67	3
止震塊/拉桿	0.9	1.2	1.3	1.13	17	0.10	0.62	0.23	0.33	11
伸縮縫	1.9	2.1	2.1	2.03	2	0.32	0.99	0.32	0.52	5
主構件(大 梁)	1	1.1	1.1	1.07	18	0	0.10	0.10	0.06	20
副構件 (橫隔梁)	1.3	1.3	1.2	1.27	15	0.23	0.23	0.18	0.20	18
橋面板/鉸接 版	1.2	1.8	1.5	1.50	10	0.18	0.18	0.28	0.26	17
其它	0.5	0.2	0.5	0.4	19	0.5	0.18	0.28	0.32	14
平均	1.41	1.41	1.35	1.39	-	0.36	0.62	0.53	0.52	-

表 7-2 仙人橋 E 值檢測期望值與變異數

檢測項目	期望值					變異數				
	<2	2-5	>5	Total	排序	<2	2-5	>5	Total	排序
引道路堤	1	2.1	1.5	1.53	3	0.67	3.21	1.83	1.98	9
引道護欄	0.7	2.1	1.3	1.37	7	0.23	2.10	2.23	1.76	14
河道	0.3	2.1	0.8	1.07	10	0.23	3.66	2.84	2.69	1
引道護坡- 保護措施	1.3	1.2	0.7	1.07	11	2.01	3.07	2.23	2.34	5
橋台基礎	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
橋台	0.2	1.8	0.6	0.87	15	0.18	3.07	1.16	1.84	11
翼牆/擋土牆	0.8	1.7	0.9	1.13	9	0.84	3.57	2.32	2.26	7
摩擦層	1.5	1.2	0.5	1.07	12	0.50	1.51	0.28	0.89	18
橋面排水設施	1.2	1.9	1.3	1.47	5	0.40	1.66	0.90	1.02	17
緣石及人行道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
欄杆及護牆	0.3	2	1.5	1.27	8	0.23	2.67	2.06	2.06	8
橋墩保護設施	2.5	1.9	1.6	2.00	2	0.50	3.66	2.71	2.28	6
橋墩基礎	1.9	1.8	0.9	1.53	4	1.66	2.40	1.21	1.84	12
橋墩墩體/帽梁	0.7	2.2	1.5	1.47	6	1.57	2.62	3.17	2.67	2
支承/支承墊	0.4	1	0.9	0.77	16	0.71	2.00	2.77	1.77	13
止震塊/拉桿	0	1.9	0.9	0.93	14	0	3.43	2.32	2.41	3
伸縮縫	1.5	2.8	2.6	2.30	1	1.83	2.40	2.27	2.36	4
主構件(大梁)	0.1	1.1	0.3	0.50	18	0.10	3.21	0.90	1.50	16
副構件 (橫隔梁)	0.5	1.3	0.4	0.73	17	0.50	2.90	0.93	1.51	15
橋面版/鉸接版	0.2	1.8	1	1.00	13	0.18	2.40	2.00	1.86	10
其它	0.1	0	0	0.03	19	0.1	0	0	0.03	19
平均	0.72	1.52	0.91	1.05	-	0.62	2.48	1.71	1.75	-

表 7-3 仙人橋 R 值檢測期望值與變異數

檢測項目	期望值					變異數				
	<2	2-5	>5	Total	排序	<2	2-5	>5	Total	排序
引道路堤	0.9	0.9	1.3	1.03	5	0.54	0.54	1.34	0.79	12
引道護欄	0.8	1.1	0.8	0.90	9	0.40	0.10	0.40	0.30	18
河道	0.4	1.2	0.5	0.70	14	0.49	1.96	1.17	1.25	10
引道護坡- 保護措施	0.6	0.5	0.6	0.57	17	0.27	0.50	1.60	0.74	13
橋台基礎	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
橋台	0.2	2	0.8	1.00	6	0.18	3.33	2.18	2.34	2
翼牆/擋土牆	0.7	1	0.7	0.80	11	0.68	2.00	1.57	1.34	7
摩擦層	1.1	0.8	0.6	0.83	10	0.10	0.40	0.49	0.35	16
橋面排水設施	0.9	1.1	0.9	0.97	7	0.10	0.54	0.32	0.31	17
緣石及人行道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
欄杆及護牆	0.3	1	1	0.77	12	0.23	0.44	0.44	0.46	15
橋墩保護設施	2.7	1.9	1.6	2.07	1	0.68	2.99	2.27	2.06	4
橋墩基礎	2.1	2.1	1.5	1.90	2	1.66	2.54	2.94	2.30	3
橋墩墩體/帽梁	0.7	2.5	1.5	1.57	3	1.57	2.72	3.17	2.87	1
支承/支承墊	0.4	0.9	0.6	0.63	16	0.93	1.43	1.16	1.14	11
止震塊/拉桿	0	1.5	0.7	0.73	13	0	1.39	1.57	1.31	9
伸縮縫	1.1	1.2	1.6	1.30	4	0.77	0.18	0.71	0.56	14
主構件(大梁)	0	1.2	0.4	0.53	18	0	3.73	1.60	1.91	5
副構件 (橫隔梁)	0.4	1.2	0.5	0.70	15	0.27	2.40	1.17	1.32	8
橋面版/鉸接版	0.2	1.7	0.9	0.93	8	0.18	1.79	1.21	1.37	6
其它	0.1	0	0	0.03	19	0.1	0	0	0.03	19
平均	0.65	1.13	0.79	0.86	-	0.45	1.45	1.27	1.14	-



## 2. 構件 i 之狀況值 $Ic_i$ 變異性分析與探討

對本案例構件 i 的  $Ic_i$  的變異性分析，依狀況指標 CI 與優選指標 PI 計算方式之不同(詳情請參閱 2.2.2.2 節)，結果分別如表 7-4 及表 7-5 所示。從各表的資料分析結果顯示：

- (1) 由表 7-4 及表 7-5 對總資料變異數平均值分析顯示：各組利用 PI 決定  $Ic_i$  之平均變異數均高於利用 CI 決定  $Ic_i$  之結果。此現象係因為利用 PI 決定  $Ic_i$  乃是對代表值取平均，而利用 CI 決定  $Ic_i$  則是對全部值取平均，因代表值變動性較大，導致 PI 決定  $Ic_i$  的變異性大，此結果反映  $Ic_i$  變異性受決定  $Ic_i$  的方式影響。
- (2) 由表 7-4 及表 7-5 依不同年資探討  $Ic_i$  變異性時，可發現：2 年以內組別之  $Ic_i$  變異數較大者，較集中落在有明顯損傷之構件(如橋墩保護設施)，及受檢測工具是否齊備影響判定的構件(如橋墩墩體/帽梁及伸縮縫)；2 年以上組別(含 2-5 年及 5 年以上)，除了有明顯損傷構件之  $Ic_i$  有較大變異數外，其它構件變異數也不小。分析其原因可能因為 2 年以內組別的經驗不足，難以從外觀微小缺陷辨識橋梁隱藏的損傷。另外，兩年以內組別之  $Ic_i$  變異性最小，但  $Ic_i$  值偏高(狀況評估偏良好)；2-5 年組別及 5 年以上組別  $Ic_i$  變異性相近，所以，此兩組人員之主觀認知差異不大，2-5 年組  $Ic_i$  值偏低(狀況評估偏不良)，5 年組居中。

表 7-4 仙人橋  $I_c$  值(依計算 CI 方式)檢測期望值與變異數

檢測項目	期望值					變異數				
	<2	2-5	>5	Total	排序	<2	2-5	>5	Total	排序
引道路堤	96.4	92.8	89.5	92.9	6	11.4	60.9	207.1	95.1	9
引道護欄	98.0	92.3	94.7	95.0	11	2.7	33.9	61.4	35.9	16
河道	98.4	87.7	93.8	93.1	8	6.1	336.6	182.3	188.4	5
引道護坡- 保護措施	97.2	96.6	92.7	95.6	13	9.1	35.7	214.8	79.7	12
橋台基礎	100	100	100	100	20	0.0	0.0	0.0	0.0	20
橋台	99.5	80.3	94.1	91.3	4	1.1	562.7	163.2	293.3	2
翼牆/擋土牆	96.6	92.2	92.8	93.9	10	24.8	113.4	191.1	106.1	8
摩擦層	94.7	95.3	98.0	96.0	15	6.6	24.4	5.5	13.4	18
橋面排水設施	96.3	88.4	94.8	93.2	9	3.9	158.5	17.4	67.8	13
緣石及人行道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
欄杆及護牆	99.1	94.1	93.4	95.5	12	2.3	33.5	57.4	35.5	17
橋墩保護設施	80.2	64.8	82.0	76.5	1	130.3	340.5	103.3	216.1	4
橋墩基礎	79.0	75.3	82.9	78.9	2	367.8	273.0	351.9	307.8	1
橋墩墩體 /帽梁	96.9	86.8	88.0	90.6	3	60.2	170.5	427.3	225.4	3
支承/支承墊	99.1	91.1	95.5	95.6	14	2.6	202.7	83.4	87.4	10
止震塊/拉桿	100	92.0	96.9	96.5	16	0.0	32.1	49.2	36.2	15
伸縮縫	94.0	91.4	88.4	91.3	5	145.3	100.9	144.1	126.5	7
主構件(大梁)	100	94.1	96.3	96.8	17	0.0	109.5	140.6	83.8	11
副構件 (橫隔梁)	99.3	95.1	97.0	97.1	18	1.1	61.3	78.4	46.8	14
橋面版 /銜接版	99.8	85.5	93.3	92.9	7	0.1	280.7	150.9	169.3	6
其它	99.2	100	100	99.7	19	2.4	0	0	0.9	19
平均	96.2	89.8	93.2	93.1	-	38.9	146.5	131.5	110.8	-

表 7-5 仙人橋  $I_c$  值(依計算 PI 方式)檢測期望值與變異數

檢測項目	期望值					變異數				
	<2	2-5	>5	Total	排序	<2	2-5	>5	Total	排序
引道路堤	96.4	92.8	89.5	92.9	6	11.4	60.9	207.1	95.1	12
引道護欄	98.0	92.3	94.7	95.0	13	2.7	33.9	61.4	35.9	16
河道	98.4	87.7	93.8	93.1	8	6.1	336.6	182.3	188.4	6
引道護坡- 保護措施	97.2	96.6	92.7	95.6	15	9.1	35.7	214.8	79.7	14
橋台基礎	100	100	100	100	20	0.0	0.0	0.0	0.0	20
橋台	99.5	80.3	93.3	91.0	5	1.1	562.7	194.3	301.5	4
翼牆/擋土牆	96.6	90.9	92.8	93.4	10	24.8	176.8	191.1	127.5	9
摩擦層	94.7	95.3	98.0	96.0	17	6.6	24.4	5.5	13.4	18
橋面排水設施	96.3	88.4	94.8	93.2	9	3.9	158.5	17.4	67.8	15
緣石及人行道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
欄杆及護牆	99.1	94.1	93.4	95.5	14	2.3	33.5	57.4	35.5	17
橋墩保護設施	64.1	55.8	64.8	62.4	1	633.7	560.8	716.6	590.5	2
橋墩基礎	69.7	71.7	81.4	73.7	2	900.8	573.1	455.9	626.8	1
橋墩墩體 /帽梁	91.9	81.8	84.7	86.1	3	553.8	397.0	573.2	491.8	3
支承/支承墊	99.1	86.7	93.0	93.5	11	2.6	391.1	198.6	186.2	7
止震塊/拉桿	100	89.1	93.3	94.3	12	0.0	141.3	194.6	125.5	10
伸縮縫	92.3	88.7	84.3	88.4	4	297.5	246.0	334.1	283.6	5
主構件(大梁)	100	91.3	96.3	95.8	16	0.0	210.1	140.6	122.1	11
副構件 (橫隔梁)	99.3	92.3	97.0	96.2	18	1.1	168.2	78.4	85.8	13
橋面版 /鉸接版	99.8	85.5	93.3	92.9	7	0.1	280.7	150.9	169.3	8
其它	99.2	100	100	99.7	19	2.4	0	0	0.9	19
平均	94.6	88.1	91.6	91.4	-	122.9	219.6	198.7	181.3	-



## 第八章 專家座談會內容

### 8.1 專家座談會委員名單

本研究團隊於 100 年 5 月 19 日及 100 年 9 月 28 日分別辦理第一次與第二次專家座談會，就研究內容進行討論，以確保本研究成果之完整性、正確性與實用性。受邀之產官學研專家委員名單如表 8-1 所示。

表 8-1 受邀之專家座談會邀請委員名單

編號	姓名	單位	職稱
1	何鴻文	交通部公路總局養路組	副組長
2	鄧文廣	交通部公路總局第三區養護工程處	處長
3	陳添宇	交通部國道高速公路局技術組	幫工程司
4	林曜滄	臺灣世曦工程顧問股份有限公司	協理
5	彭康瑜	林同棧工程顧問股份有限公司	總工
6	賴順政	萬鼎工程顧問股份有限公司	經理
7	宋裕祺	臺北科技大學	教授
8	林安彥	臺北科技大學	顧問
9	林呈	中興大學	教授
10	苟昌煥	中華大學	教授

當日出席之各位專家學者之詳細意見與建議內容以及本研究團隊之回覆內容檢附於「附錄三 專家座談會內容」，除了本計畫主題目標以及建議之參考資料均已納入本報告以外，本節將依作業規定與流程、評估方式、檢測表格、檢測時機、檢測人力、檢測經費、辦理方式、檢測結果應用於維管決策及研究主題等九個項目進行分類，彙整各專家對國內橋檢相關規定、評估與辦理方法等之意見與建議，並以簡稱加註代表之專家學者：何鴻文(何)、陳添宇(陳)、林曜滄(林)、彭康瑜(彭)、賴順政(賴)、宋裕祺(宋)、林安彥(安)及鄧文廣(鄧)。

## 8.2 作業規定與流程

### 1. 相關建議

- (1) 關於公路養護手冊規定：「完工五年內之新建橋梁若無特殊情況，應自完工後之第五年進行第一次定期檢測」之規定，建議新建橋梁完工通車一年以內即應辦理第一次檢測，並將橋梁資料鍵入橋梁資料庫備存，以免橋梁資料日久遺失。一方面，一年內執行第一次橋梁檢測若發現問題，較易於判定是施工不當所造成，或是養護不周所引起等責任歸屬問題；另一方面，許多老舊橋梁缺乏竣工圖說問題亦可由初期橋梁資料備存及檢查解決。(安)
- (2) 國內老舊橋梁與特殊橋梁確實因初期未建置橋梁資料，而在後期橋檢時會有竣工圖說等基本資料不足之問題。建議竣工資料應於完工初期建檔，特殊橋梁的部分應於施工完成後建立一些橋梁之基本資料，作為未來檢測評估之參考。國內特殊橋梁愈來愈多，最好是未來明確規範在特定環節、時間點上要求將特殊橋資料鍵入橋梁檢測系統。(林)
- (3) 竣工資料經常沒有的情況，規範應納入相關規定，要求橋梁剛完工即強制建置於所規定之資料庫。(賴)

### 2. 小結

專家建議於完工後儘早建立含竣工圖說等橋梁基本資料與初始檢測資料，可透過法規制訂輔以有效實施。此建議與美、日作法一致，且可解決資料不足之問題，值得施行。

## 8.3 評估方式

### 1. 執行情形與問題

- (1) 訪談人員對鋼結構橋梁將 A.B.C.D.N.精神納入 D.E.R.&U.評估

方式感到繁雜，而使用上費時不實務。(何)

- (2) 各種檢測評估都有優缺點，沒有一種方法是絕對正確可靠的，如何在現有的基礎下能夠更詳實記錄劣化的狀況而不僅顯示分數，才是評估方法的核心。就目前實務經驗與參考國外作法，鋼結構橋梁檢測規範以 D.E.R.&U.的評估方式搭配劣化態樣描述，個人認為是較務實的做法，未來只要資料夠多，甚至可結合應用專家系統進行判定，唯一尚有討論空間的是鋼構梁的 D 值評估標準與混凝土橋不一致，形成現場評估工作困擾。(陳)
- (3) 公路橋梁與鋼結構橋梁分別於  $D \geq 2$ 、 $D=1$  須填寫其他指標，有不一致的判定情況。(安)
- (4) 國內目前有許多橋梁檢測相關之圖書，但每本圖書陳述之檢測標準不盡相同；目前橋檢採用 D.E.R.&U.評估方式，以 0~4 的等級作為橋梁損傷區分似乎太過粗略，有些書籍對結構損傷裂縫情形如何與 D.E.R.&U.評估方式結合亦未建立關係。(賴)
- (5) 現行橋檢採用 D.E.R.&U.評估方式，一但發現問題(例如混凝土剝落)，立即採用維修工法(例如除銹)進行修補，此舉作為會不會將原本橋梁快顯現出來的損傷問題被掩蓋，而在日後則直接發生更嚴重的損傷情形。(賴)
- (6) 目前臺灣橋梁目視檢測作業最大的問題在於沒有 coding guide 可供參考，無論是以文字定性描述或照片示範說明等方式，有統一的 coding guide 配合人員訓練即可有效地降低橋檢結果的變異性。(彭)

## 2. 相關建議

- (1) 建議以交通部運研所有關檢測制度研究內容作為參考。(何)
- (2) 可參考交通部運研所委託中央大學姚乃嘉教授等人之研究報

告。(安)

- (3) 國外的橋檢工作除了依靠人員判斷之外還有增加會議討論的方式以評估橋梁狀況，可將此項目納入有效實施建議中。(何)
- (4) 目前橋檢的 D.E.R.&U.評估無法真正反應橋梁的劣化與風險狀況，本研究納入多段式評估及風險因子考量為正確方向，惟實務執行時請考量可行性。(賴)

### 3. 小結

針對 A.B.C.D.N.融入 D.E.R.&U.評估之作法，專家意見不盡相同。根據運研所 99 年度「橋梁目視檢測評估手冊(草案)之研擬」綜合考量各方意見，建議以維持 D.E.R.&U.作法為原則。本研究則擇中考量，建議僅針對個別主要項目採取 A.B.C.D.N.融入 D.E.R.&U.評估之方式，並建議多段式評估，降低複雜度的同時也降低評估變異性。

有關評估方式、損傷等判定標準不一致會造成評估上的困擾，此等問題專家也建議可透過教育訓練制度建立、落實及標準手冊的統一加以避免，亦可有效降低檢測變異性，若檢測評估有疑慮時，可借鏡國外作法採會議討論的方式決定。

最後，為避免檢測後因立即修復而掩蓋損傷之情形，本研究團隊建議強調橋檢工作專業性，規範橋檢人員之資格與經驗等。

## 8.4 檢測表格

### 1. 執行情形與問題

- (1) 國內初步評估表每隔一段時間會進行改版，會使橋梁評估資料所提供的資訊無法連續。(彭)
- (2) 目前初步評估表的格式並未統一。(彭)



- (3) 有關高公局對檢測表格的訪談內容，提及檢測表格未區分半年檢測及定期檢測項目。實際情況是表格確實沒有區分，但檢測項目是有區分的，需特別說明清楚。(陳)

## 2. 相關建議

- (1) 建議國內應整合制定統一格式的初步評估表。(彭)
- (2) 現場檢測表單應以簡單且容易執行為主，後續的分析評估工作則以達到系統化處理為佳。(賴)

## 3. 小結

專家建議統一各管理單位所採用之初步評估表，此建議與本研究團隊之考量一致，初步評估表可以串接橋梁檢測與後續可能的詳細評估工作，各單位有統一的評判標準較適宜。對於因評估表改版可能造成管理系統資料轉換困擾，本研究建議先由技術面確定評估表內容，再請橋梁管理系統開發廠商共同商議系統面因應措施與可行性，若最後系統面與技術面仍有不能克服的衝突，仍須藉由專家會議等進行取捨決策。

# 8.5 檢測等級

## 1. 相關建議

- (1) 初始檢測：(1).驗收等同初始檢測通過；(2).驗收後必須進行初始檢測，若採第二種方式則可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會有責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障。(何)
- (2) 初始檢測以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率等資料建立為原則；至於是否執行初始檢測可由各橋梁管理單位決定。(賴)

- (3) 初檢是否須等完工 5 年後再建立，應視機關經費預算而定，建議愈早愈好，若有問題可依保固責任進行修復改善。(林)

## 8.6 檢測時機

### 1. 執行情形與問題

- (1) 公路總局定期檢查係於每年汛期前 4 月 30 日前完成檢查所有構件(21 項)，並於汛期後每年 11 月 15 日前再辦理較易受颱風影響之河道、橋台基礎、橋台、橋墩保護措施、橋墩基礎及橋墩墩體等 6 項之檢查。(何)
- (2) 有關高公局對檢測時機的訪談內容，提到檢測時機可再增加時段。實際上，高公局之檢測頻率仍未增加。(陳)

### 2. 相關建議

- (1) 建議在訂定橋檢頻率時可參考橋梁的實際狀況予以調整，若橋梁近幾次的檢測結果皆為良好，則可考慮放寬其檢測頻率。(何)
- (2) 建議應對橋梁作業方法與檢測內容進行相關規定。甚至有些位於農路或偏遠山區之橋梁，在經費不足的情況時，是否有需進行橋檢之需求，應可進一步檢討。(賴)
- (3) 農路或偏遠山區橋梁之定檢頻率是否放寬，建議應由道路重要性來決定，如山區省道或無替代路線之橋梁，建議仍不宜放寬。(林)

### 3. 小結

檢測頻率制度面與國外一致，管理面因應實際需求調整應慎重。

## 8.7 檢測人力

### 1. 執行情形與問題

- (1) 目前公路總局的橋檢工作皆以自辦為主，但隨著政府人事精簡，橋檢工作委外將會是未來的趨勢，因此橋檢人員的資格認證規範化是必要的。(何)
- (2) 橋檢人員資格認定是目前工務單位發包委外時會遭遇的問題之一，目前並沒有政府實質認可的訓練及認證單位。(安)
- (3) 人員受訓很重要，執行橋檢人員最好由具設計概念之工程師執行。例如同樣觀察到混凝土橋構件有 0.3mm 裂縫，是屬於結構性之損傷或材料劣化之損傷對橋梁之影響程度不同，這是需要經驗之檢測工程師才能判定出來，所以教育訓練非常重要。(林)

### 2. 相關建議

- (1) 若無人力不足的問題，則橋檢工作較適合以自辦方式實施，由固定人員進行檢查會更容易發現問題所在。(安)
- (2) 建議應制定人員資格檢測執照制度。(林)
- (3) 關於人員資格部分，以國內橋檢規模而言似乎無法設立一專門機構負責辦理人員認證或教育訓練，但可在招標文件或契約中明文規定，以確保人員素質。現階段建議研究單位能制定相關範本以供橋梁管理單位參考。(林)
- (4) 橋檢人員之教育訓練應該要明文規定，有助於人員素質的提升。(林)
- (5) 技師不一定具有橋梁目視檢測的專業能力與經驗，建議於契約中列入橋檢人員的受訓時數要求即可。(鄧)
- (6) 有關人員資格的要求，技師簽證仍是目前國內的法定規則，而

檢測人員應要求其訓練時數符合一定標準。(彭)

### 3. 小結

橋檢事務專業與技術性高，人力不足可考慮委外，專家意見再度強調需要人員資格標準訂定與專業認證制度。

## 8.8 檢測經費

### 1. 執行情形與問題

- (1) 交通部運研所評估縣市政府管轄老舊橋梁之安全性及需修補之情形，與地方政府反映所需修補老舊橋梁意見有所出入。實際上，地方政府反映之老舊橋梁需要修補費用多為因應經濟發展而有擴寬需求，但橋梁本身並無安全疑慮。(何)
- (2) 地方縣市政府因為經費不足，所以僅能用有限且少數的經費，辦理轄區內所有橋梁的橋檢事務，因而導致地方橋檢成果品質低落。(林)
- (3) 橋梁檢測工作屬勞務性質，但有些單位之標案卻要求預繳納押標金(標案金額之5%)似不合理。(林)

### 2. 小結

在橋梁修補經費部分，地方經濟發展需求與中央安全性考量不同，因此中央政府在經費有限的情況下，對地方經費分配並無法完全如地方政府需求編列。

## 8.9 辦理方式

### 1. 執行情形與問題

- (1) 高工局是於每年的養護考核時辦理橋檢複核，以確定平時的檢測工作是否落實。(安)

- (2) 公路總局雖有三級品管制度以稽核局內橋檢事務，但仍有工作落實之問題，因此未來也將橋檢事務朝委外方式辦理。但是，國內真正有素質之顧問公司數量有限，較偏遠地區之橋檢事務採委外辦理時，常遭遇顧問公司素質參差不齊之情形，且對橋檢事務委外的工作內容無所依循。(何)
- (3) 目前橋梁檢測的工作內容並未界定清楚。縣市政府在委託顧問公司時，常會額外增加橋梁的工作內容，使顧問公司每年的橋檢工作內容愈來愈多。因為縣市政府經費有限，但所要求橋檢工作內容愈來愈多的情況下，橋檢品質難以確保。(賴)
- (4) 高公局的橋檢事務採用委辦的方式，也知道一分錢一分貨的道理，經費有限的情況下，大型且有素質的顧問公司難以參與，因此高公局雖以價格標委辦橋檢事務，但仍有以下品質管理與確保手段：(1)現場抽查、(2)於招標文件中限定檢測廠商資料及(3)若抽查結果發現顧問公司檢測不實，將要求對檢測不實的橋梁，及前後筆橋梁要求重新檢測。(陳)

## 2. 相關建議

- (1) 希望後續能有相關研究，針對橋梁檢測事務能委外之工作內容、合理費用、如何確保執行品質進行研究。(何)
- (2) 希望能對橋檢目視檢測委外費用、品質標準及人員之資格規定等，希望能制定出相關標準。(林)

## 3. 小結

在辦理方式部分，專家學者意見普遍反映檢測工作內容、費用、品質標準、人員資格等未明確規範，現階段建議參考交通部頒訂「橋梁檢測契約範本」之工作範圍、履約工作事項、工作內容等項目，並透過契約中履約標的品管、罰則、驗收方式及遲延履約等條文，確保委外橋檢事務之執行品質。惟合理費用之計算方式，因依時空背景而有不同，仍有進一步討論之空間，有待另案辦理。

## 8.10 檢測結果應用於維管決策

### 1. 執行情形與問題

- (1) 目前的橋梁管理系統具有維修工法建議選項，但目前系統內所訂之維修工項難以明確對應處理橋梁的損傷問題。(賴)

### 2. 相關建議

- (1) 為利於國內長遠的橋梁工程發展，建議可對國內某些橋梁固定進行特定實驗，並保存實驗數據，以供未來進行統計及相關應用。(賴)

### 3. 小結

在檢測結果應用部分，橋梁管理系統應適度更新以符合實用需求。此外，中央可推動橋梁相關實驗並保存實驗數據，以利國內長期橋梁工程之研究發展。

## 第九章 橋梁檢測有效施行之具體建議

考量國外借鏡、國內橋檢現況需求、訪談人員、專家及期中與期末審查委員建議、變異性分析結果等探討內容，本研究提出國內橋檢有效實施之建議，其中，制度面、管理面或執行面則針對檢測作業規定與流程、檢測時機或頻率、人力、等級或類別、表格、項目、經費、辦理方式等提供建議；技術面主要針對評估方法提供建議。

### 9.1 作業規定與流程

#### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：相關規定與流程遵循無困難，可更完善，統一規定相關標準很重要；D.E.R.&U 法之正確實施有賴說明與培訓，檢測人員素質直接影響檢測結果，偏遠地區之橋檢事務採委外辦理時，常遇顧問公司素質參差不齊之情形，橋管單位自辦橋檢業務人力不足，若對橋檢人員無資格限制，其正確性與品質受質疑或檢測結果不被認可；對健康狀況不佳之橋梁，可能因發現問題愈多，但經費又不足時，使得評鑑分數反而較低，對於認真落實橋梁檢測的工程師有負面影響。
- (2) 國外借鏡：建立人員資格等相關規定，提供多種滿足資格的途徑。

#### 2. 建議

- (1) 制度面：1) 於相關手冊內提供檢測重點、圖示說明、判定標準、修復工法。目前已於運研所「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」研究成果中納入，有待實施。2) 推行橋檢人員資格認證制度，以確保橋檢結果正確性。依據國內現況，檢測人員資格已於相關規範解說中提供多種途徑，據悉，未納入條文之原因是考慮配合技師法對技師執業範圍之規定、規範解說仍有等同

於規範條文之法律效力、強化管理單位負責制以及交通部已於每年度定期辦理相關教育訓練，另外，橋檢人員培訓需求能量不足以設立專職培訓機構，建議在目前的制度下，招標契約中明訂承包商檢測人員資格，特別是受訓時數(含回訓)及檢測經驗實績；另針對橋管單位之相關人員提供在職訓練，提升專業與技術能力。未來可朝向建立執照制度發展。

- (2) 管理面：評鑑機制應能鼓勵橋檢人員去發現問題與解決問題，要避免評鑑造成負面影響，管理面應有配套措施，當發現需維修之橋梁或構件數目較多時，應編列足夠之改善經費，可參見檢測經費相關建議。

## 9.2 檢測等級

### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：竣工資料、初期橋檢資料可能缺乏，盡早建立初期橋檢資料成為共識。
- (2) 國外借鏡：美、日透過初始或初期檢測掌握橋梁原始狀況。

### 2. 建議

- (1) 制度面與執行面：養護手冊中檢測等級增加初期檢測。參考國外初期或初始檢測作法，國內可以考慮以下三種方式：1) 驗收等同初始檢測通過，但該方式幾乎等同現行作法，難彰顯效益；2) 驗收後必須進行初始檢測，惟可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會有責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障；3) 因國內已要求至少 5 年內完成第一次橋梁檢測，相關資料亦會納入橋梁管理系統，以此資料作為初期檢測資料，但該方法三基於第一次定檢，對於早期發生的問題，恐不能儘早發現。橋梁管理單位可自行決定採用何種方式，但建議初始檢測愈早愈好。



- (2) 管理面：新建橋梁竣工時，由建造單位將竣工資料放入橋梁管理系統之基本資料中；配合上述初始檢測制度，須於橋梁管理系統中建立初始資料，以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率、初始檢測等資料建立為原則。除新建橋梁之外，有竣工資料而尚未納入橋梁管理系統之既有橋梁，應配合定期檢測辦理時補充之。

## 9.3 檢測時機

### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：依據國內現況，巡查頻率已依交通量彈性訂定，定檢頻率統一訂定下限，允許彈性調整。雖有檢測頻率要依年份、交通量彈性訂定以便更加符合實際之需求，但彈性訂定定檢頻率，橋管單位責任重，核可恐有困難；另外，針對降低農路或偏遠山區橋梁之定檢頻率之可能性，因這些山裡的橋梁小型且老舊，若忽視，往往最容易產生損傷，相關橋管人員建議不宜調降；偏遠地區之橋檢事務採委外辦理時，常遇顧問公司素質參差不齊之情形。
- (2) 國外借鏡：定檢頻率統一訂定下限，允許彈性調整。

### 2. 建議

- (1) 制度面：公路養護手冊對檢測頻率之訂定與國外一致，應為適當。惟各管理單位依需求自行調整時，仍以符合公路養護手冊之規定為準。
- (2) 管理面：1) 農路或偏遠山區橋梁之定檢頻率可再檢討，但重要橋梁，例如省道或無替代路線之橋梁，以及健康狀況不佳的橋梁，定檢頻率不宜調降；2) 若要提高定檢頻率，除了考慮橋梁損傷變化等需求以外，須考慮人力經費需求以及委外由專業人員辦理之可能性；3) 未來，配合技術發展，可以依據橋梁風險高低來調整檢測頻率。

## 9.4 檢測表格

### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：正確填表受人員經驗素質影響；評估表恐因改版造成資料不連續；初步評估表的格式也未統一。
- (2) 國外借鏡：日本檢測表格將編號、位置、損傷狀況圖片、損傷說明、判定等級以及處理方式，清楚呈獻於報告之表格中；可採用總表搭配細表之方式。

### 2. 建議

- (1) 制度面：配合未來技術發展，統一建立結合橋檢結果之初步評估表。
- (2) 管理面：國內目前在有限的經費與時程下，現場作業用的檢測表格以現行較簡便之目視檢測表較為可行，而損傷位置、圖片、較詳細的說明等資料可於橋梁管理系統面來儲存，可考慮前述數位檢測記錄。為此，可開發橋檢現場用之前端軟體，其資料庫可與橋梁管理系統進行資料交換。若有改版，需考慮資料延續性。

## 9.5 檢測項目

### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：橋梁匝道與主線間的伸縮縫放在 D.E.R.&U. 表內易混亂；「橋墩墩體/帽梁」難以了解明確部位，需要配合損傷示意圖或在備註欄說明；部分檢測項目歸類於「其它」，難以辨識；檢測項目以橋梁本身狀況為主，無法了解外部危害因素，橋梁仍有損傷風險。

## 2. 建議

- (1) 執行面：1) 橋梁匝道另獨立成一座橋來考慮；2) 配合橋梁管理系統詳細資料，了解損傷之明確部位。
- (2) 技術面：目前橋梁構件現況檢測維持現行檢測項目，該結果以及其他外部危害因素均將作為橋梁風險評估之考量因素，詳第 10.1 節「橋檢與性能評估等後續工作結合」。

## 9.6 檢測人力

### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：政府組織再造，朝向精簡、小而美的方向進行，橋管單位人力普遍不足，橋檢業務大多數非專職負責，橋檢技術性高、責任重，新進人員對承辦該工作意願低，或承辦人員流動快。

### 2. 建議

- (1) 適度增加橋檢人力，允許部分委外，特別是技術性較高的工作允許委外由有經驗之專業人員辦理；檢測是否由固定人員執行，依據專家意見與訪談意見，可分為兩類，一類希望橋檢由不同人員來執行較易發現問題，而另一類則認為由固定人員來執行更容易確實掌控橋梁問題所在。兩種做法各有利弊，管理單位需要權衡。

## 9.7 儀器設備

### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：因經費有限，橋檢工作有時可能面臨機具不足，影響橋檢結果正確性；山區道路狹窄，橋檢車可能無法

通行；老舊橋檢車或操作人員不熟練致使橋檢車使用上容易故障；非破壞性檢測電子儀器之使用較會有問題。

(2) 國外借鏡：數位檢測。

## 2. 建議

(1) 管理面：1) 自辦橋檢工作共用機具者，除了統一管理、維護與調度以外，可考慮部分工作委外辦理，對於重要橋梁，應編列工作機具相關經費，並於現場目視檢測工作前進行工作機具查驗；2) 機具或配備應有汰換機制，避免使用功能有疑慮之老舊橋檢車；3) 非破壞性檢測相關儀器需由專業人員使用，相關工作可以委外辦理。

(2) 管理面與技術面：檢測工具適時導入橋檢新科技，並納入養護手冊。目前可針對狀況很差者考慮以數位檢測輔助，但不建議取代現行作法，未來配合資訊技術發展，軟硬體精進，全面性數位檢測可作為長期發展之方向。

## 9.8 檢測經費

### 1. 考量

(1) 國內橋檢現況需求：一般橋檢費用無疑慮，進階檢查及改善費用有些不足且不穩定；相關經費受政府預算與首長施政重點影響，中央考慮安全性的預算編制方式可能不滿足地方考慮發展性的預算需求；有些橋檢工作標案要求預繳納押標金似不合理；委外辦理之經費不足，素質較高的顧問公司參與意願低，恐造成實際由素質不高、經驗不足之人員來執行，影響橋檢結果之正確性，亦即：橋檢資料無法正確反應橋梁狀況。

### 2. 建議

(1) 管理面：1) 中央預算編制適度考慮地方發展需求，地方首長

重視橋梁維護；2) 管理單位編列預備金或建立年度專業廠商之開口契約；3) 採委外辦理者，依委外項目編列合理經費，盡量避免價格標，技術標勞務類工作免押標金。

## 9.9 辦理方式

### 1. 考量

- (1) 國內橋檢現況需求：人力不足且橋檢人員資格無限制情況下，橋檢正確性與品質可能受質疑；橋檢事務委外的工作內容無所依循，若再採價格標，品質保障恐有疑慮；一縣多治或偏遠地方，橋梁檢測品質良莠不一；落實橋檢以及資料能否反應橋梁現況最重要，最大問題是資料不正確。

### 2. 建議

- (1) 制度面：橋檢事務委外之工作內容、費用、時程、品質標準、品質確保手段及人員資格規定等應加以明訂，最好建立標準工作手冊，可參考交通部頒訂之「橋梁檢測契約範本」。
- (2) 管理面：1) 配合制度面，搭配嚴格的契約與嚴謹的查核來保障品質；2) 在人力有限之情況下，確保橋檢人員資格素質；3) 橋檢工作可以適度委外由專業人員辦理，或定期委辦橋梁總體檢，確實檢查橋梁狀況；4) 交通部已有『臺灣地區橋梁管理資訊系統』橋梁資料查核計畫，對確保資料正確性有助益；5) 提供足夠經費與軟硬體設施。
- (3) 技術面：導入新科技，確保橋檢工作落實(參見第 10.2 節「橋檢與資訊系統之整合」)。

## 9.10 評估方式

### 9.10.1 構件損傷程度(D)與損傷範圍(E)之評估

#### 1. 考量

##### (1) 國內橋檢現況與需求：

- a. 在「公路橋梁一般目視檢測手冊」中，D=1 代表該構件的狀況良好，故不需填寫劣化範圍(E 值)及劣化現象對橋梁的影響度(R 值)，僅在  $D \geq 2$  時，才需填寫 E 跟 R 值。而在「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」評估準則中，D=1 代表檢測構件狀況良好或輕微損傷，所以檢測人員必須再填寫 E 跟 R 值。
- b. 當評判 D 或 R 超過 2 尚未達 3，不易填寫。
- c. A.B.C.D.N 法與美國 2010 AASHTO 構件檢測手冊分別考慮各損傷模式建立智慧標籤(Smart Flag)之作法有一致性，但太繁瑣，檢測人員負擔較大，在作業推行上恐有困難；D.E.R.&U. 法簡便快速，但檢測結果受檢測人員素質與主觀判斷影響，不同人員檢測結果具變異性。
- d. 「公路橋梁一般目視檢測手冊」採用 D.E.R.&U.法，就「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」採用 D.E.R.&U.法納入 A.B.C.D.N 法之精神，有意見認為適宜，也有意見認為工作量較大，在作業推行上恐有困難，希望統一為 D.E.R.&U.法。
- e. 「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」採用 D.E.R.&U.法納入 A.B.C.D.N 法之精神，因以 D.E.R.&U.法為基準，最後每一構件仍填寫 1 筆資料，如何將各損傷模式對應之值組合成構件的值，不論是以各細項權重計算或選擇劣化最嚴重之細項分數代表該構件之狀況，均有不合理之處，因此，該規範並未明確規定組合方法，而須由檢測人員判定並加以說明。

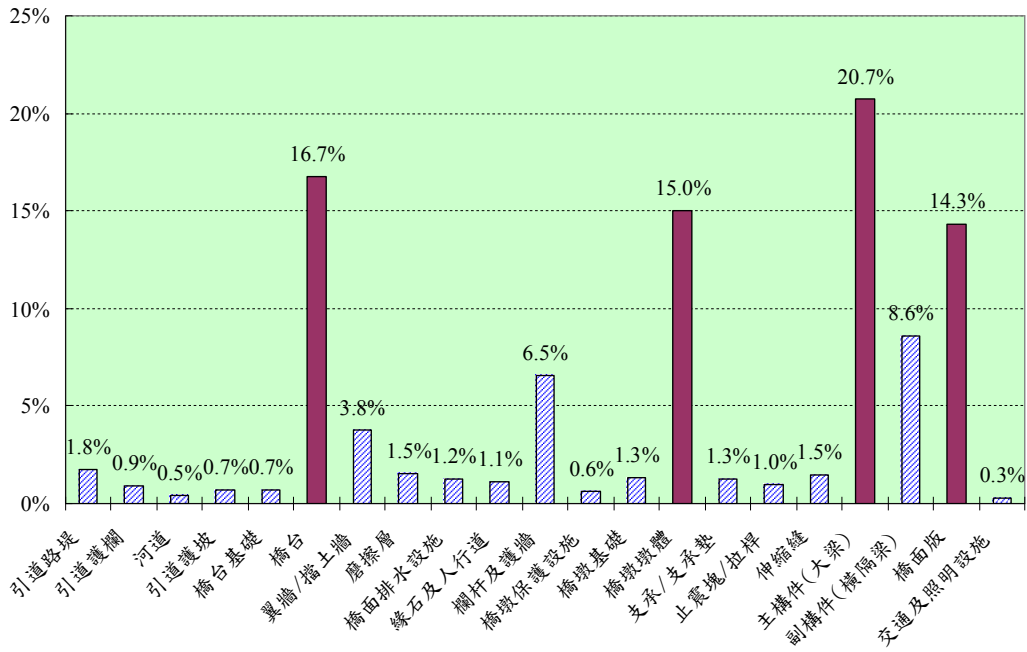
- (2) 國外借鏡：美國 2010 AASHTO 構件檢測手冊，主要針對影響結構承載與安全性的主要構件，分別考慮各損傷模式建立智慧標籤(Smart Flag)，採用多段式(Multi-path)損傷評判。
- (3) 現地橋檢變異性分析結果：D.E.R.&U.法受人員經驗、主觀判定影響，變異性高；其中，D 值因規範手冊有劣化程度判定標準，相對較清楚，變異性也相對低；E 值變異性較大來源於損傷範圍判定不夠精細；R 值變異性來源於人員素質與主觀判定。

## 2. 建議

- (1) 制度面：如同運研所「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」研究成果建議：統一「公路橋梁一般目視檢測手冊」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」有無損傷情形對應 D 值之定義與判定標準。
- (2) 管理面：當 D 或 R 超過 2 尚未達 3，填寫有疑慮時，以會議方式進行技術性判定。
- (3) 為兼顧技術面與管理面，建議國內以 D.E.R.&U.法為基準，每一構件填寫 1 筆，僅針對少部份主要項目納入 A.B.C.D.N 法之精神，不致使工作量增加過大；為減小變異性，對此些主要項目，可針對各損傷模式採用多段式(multi-path)評估之方式。此作法結合了 D.E.R.&U.與 A.B.C.D.N 法之優點，工作量增加不大，亦減小主觀性對評估結果之影響程度。說明如下：
  - a. 建議針對主要構件，採用 D.E.R.&U.結合 A.B.C.D.N 法之方式，分別依其主要劣化或損傷模式詳細評分。劣化或損傷模式可依國內現行規範手冊辦理，主要構件之建議如下：
    - (a) 步驟 1：因檢測項目之(D 值)變異性受其損傷程度影響、亦受人員檢測經驗、主觀判斷、檢測工具是否齊備等影響，不同案例，其變異性大之檢測項目可能不同，故建議不考慮個案變異性大之項目，而僅考量對橋梁功能影

響較大之構件，例如：依表 2-42 中權重排序。

- (b) 步驟 2：依據橋梁管理系統資料，統計橋梁檢測項目發生損傷之比例，全臺至 98 年之統計資料如圖 9.1 所示。



資料來源：參考文獻<sup>[93]</sup>

圖 9.1 橋梁檢測項目發生損傷之比例

- (c) 步驟 3：將前述各項目權重所代表之構件對橋梁影響之重要度，乘以圖 9.1 所反應之損傷比例，依正規化後結果排序如表 9-1 所示。若於步驟 1 採用表 2-43 之權重，或採用橋梁目視檢測評估手冊(草案)<sup>[28]</sup>中 SSI、SFI、SRI、USI 各項對應權重加總在正規化，三種算法排序前 5 項均一致。因此，建議至少取排序前 5 名之檢測項目進行較詳細評估。



表 9-1 全臺至 98 年有損傷橋梁主要構件排序分析表

項目編號	項目名稱	權重(%)	損傷機率(%)	排序指標
18	主構件(大梁)	8	20.7	0.27300
14	橋墩墩體/帽梁	7	15	0.17310
20	橋面版/鉸接版	7	14.3	0.16502
6	橋台	5	16.7	0.13765
19	副構件(橫隔梁)	6	8.6	0.08506
11	欄杆及護牆	3	6.5	0.03215
7	翼牆/擋土牆	5	3.8	0.03132
13	橋墩基礎	8	1.3	0.01714
17	伸縮縫	6	1.5	0.01484
15	支承/支承墊	5	1.3	0.01072
1	引道路堤	3	1.8	0.00890
16	止震塊/拉桿	5	1	0.00824
9	橋面排水設施	4	1.2	0.00791
8	摩擦層	3	1.5	0.00742
5	橋台基礎	6	0.7	0.00692
12	橋墩保護設施	6	0.6	0.00593
3	河道	5	0.5	0.00412
10	緣石及人行道	2	1.1	0.00363
4	引道護坡-保護措施	3	0.7	0.00346
2	引道護欄	2	0.9	0.00297
21	其他	1	0.3	0.00049

上表中，橋墩基礎權重雖然最高，但因其損傷比例相對小很多，其排名未進入前五名，經由中央大學臺灣地區橋梁管理資訊系統維護團隊協助，依據 100 年度系統橋檢資料統計損傷程度  $D \geq 3$  之構件比例，再據此計算，其結果如表 9-2 所示，依排序指標以取前 7 名為為宜，橋墩基礎排名仍未提前。再考慮本研究後面建議多

段式評估，對於基礎而言執行面恐不易，故暫不納入，亦即：橋墩基礎或橋台基礎暫不需細分破壞模式評分，仍直接採用既有D.E.R.&U.法針對單一構件進行評分。

表 9-2 全臺 100 年損傷程度  $D \geq 3$  之橋梁主要構件排序分析表

項目編號	項目名稱	權重(%)	損傷機率(%)	排序指標
19	副構件(橫隔梁)	6	10.0	0.13417
18	主構件(大梁)	8	7.0	0.12528
7	翼牆/擋土牆	5	9.6	0.10676
6	橋台	5	8.4	0.09326
3	河道	5	7.5	0.08356
11	欄杆及護牆	3	11.3	0.07527
20	橋面版/鉸接版	7	4.8	0.07463
15	支承/支承墊	5	4.4	0.04860
14	橋墩墩體/帽梁	7	2.4	0.03790
5	橋台基礎	6	2.8	0.03788
1	引道路堤	3	5.5	0.03655
9	橋面排水設施	4	3.3	0.02963
21	其他	1	13.0	0.02888
16	止震塊/拉桿	5	1.7	0.01911
8	摩擦層	3	2.3	0.01508
13	橋墩基礎	8	0.8	0.01507
2	引道護欄	2	2.6	0.01155
17	伸縮縫	6	0.8	0.01038
12	橋墩保護設施	6	0.8	0.01014
4	引道護坡-保護措施	3	0.7	0.00457
10	緣石及人行道	2	0.4	0.00172

上述兩表排序較前面的共同項目包括：主構件(大梁)、橋面版、橋台、副構件(橫隔梁)等 4 項，考慮橋墩墩體/帽梁對橋梁功能，特別是耐震性能之重要性，所以，建議細評之主要構件如下：

- (a) 主構件(大梁)
- (b) 橋墩墩體/帽梁
- (c) 橋面版
- (d) 橋台
- (e) 副構件(橫隔梁)

b. 參考美國做法，針對上述構件，採用多段式(multi-path)評估方式，量化各等級損傷之範圍更為細緻。此做法與「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」採用 D.E.R.&U.法納入 A.B.C.D.N 法之精神有些相似，其差異在於美國用實際度量表示各損傷模式對應之範圍，而國內仍以離散性的半定量指標表示，較難清楚反映損傷程度對應之範圍。以橋台為例，針對不同模式分段記錄各損傷程度對應之範圍，其評估表格式可參考表 9-3。因每一構件仍填寫 1 筆資料，不論是以各細項權重計算或選擇劣化最嚴重之細項分數代表該構件之狀況，均有不合理處，故仍維持現行作法，由檢測人員綜合判定並加以說明，但為降低主觀判斷對評估結果之影響程度，建議考慮直接以損傷範圍百分比替代填寫細項判定之 E 值，綜合判定只要有一致的標準，其變異性可以得到控制。

表 9-3 橋台損傷多段記錄參考表

項次	檢測項目		細項判定					照片編號及說明	綜合判定及其說明		
			(原表E改為➔) 損傷範圍百分比						D	E	說明
			D=0	D=1	D=2	D=3	D=4				
6	橋台	近端 (遠端)	橋台傾斜、移動、沉陷	0	50%	10%	40%	0			
			混凝土裂縫								
			混凝土剝落								
			混凝土蜂窩								
			混凝土空洞								
			鋼筋外露、銹蝕								
			排水孔堵塞								
			其他損傷								

### 9.10.2 強化 D.E.R.&U.檢測結果之應用

#### 1. 考量

##### (1) 國內橋檢現況與需求：

- a. 橋檢結果顯示健康狀況良好之橋梁，在突發危害下仍有損傷風險，橋檢結果對後續橋梁維管決策之應用有限。
- b. 國內有許多橋檢相關指標，因目的不同，尚未整合風險管理之概念。基於橋梁檢測現況評估之 CI 與 PI<sup>[29]</sup>、新 CI、新 PI、SSI、SFI、SRI、USI<sup>[28]</sup> 等指標，僅大致反映橋梁狀況對橋梁性能之影響，並未考量外因對災害潛勢之影響以及橋梁被設計應具有之能力，無法據此掌握橋梁抵抗災害之能力與受損風險；而功能性指標 FI<sup>[47]</sup> 又僅以橋梁結構等級或重要性、交通量與橋梁淨寬所反映之運輸能力、橋梁損壞時的繞道距離等綜合反應橋梁的使用服務功能；優選指標 OPI<sup>[47]</sup> 雖然結合 PI 與 FI，但仍沒有反應橋梁可能遭遇之災害潛勢與可能性；危險性指標 CSI<sup>[48]</sup> 又強化橋梁狀況與主觀判斷，對不同 D.E.R. 組合賦予劣化值排序，再僅考慮損傷範圍最大(E=4)者，再依劣化值、橋梁構件權重、用路人參數以及專家建議等資訊來為維修篩選排序，同樣沒有考慮影響橋梁性能之所

有風險來源、潛勢與因子；橋梁綜合重要度指標<sup>[49]</sup>雖考慮地震、土石流、沖刷等部分風險來源以及對生命、經濟、國防等衝擊，但易損性僅以災害潛勢表示，沒與橋檢工作所了解的橋梁構件現況有效結合；綜合評估指標 SR<sup>[50]</sup>雖嘗試參考美國的作法建立 SR 評估指標，但其架構及算法與風險管理概念不同，沒有考慮所有風險來源，各風險來源引致結構易損性考量方式不一致，例如：超載易損性指標可能又再次考慮結構性指標的現況影響，橋檢後本項有疑慮者可能會因權重僅 6%而被稀釋，而地震易損性較沒有考慮現況影響，沒有考慮落橋破壞模式，SR 評估結果不易正確反應橋梁存在的問題點、風險所在、風險大小與對應策略；橋梁性能詳細評估前進行篩選所用之初步評估表，分別考量承載、耐震或耐洪能力，雖然包含橋梁現況影響，但橋檢結果並沒有得到有效應用，也不具有風險評估之觀念，目前此類表格亦沒有統一。經由橋梁檢測工作掌握橋梁所面臨之風險非常重要。

## 2. 建議

國內橋檢工作主要反映橋梁構件狀況，而狀況良好之橋梁仍有受災損傷之風險，若橋梁檢測結果能為橋梁風險管理決策模式所應用，便可以由維護管理前端工作開始掌握維護管理工作重點，控制橋梁災損風險，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。

技術面建議：於橋梁層級與構件層級，應用風險評估原理，強化橋梁檢測結果之維管決策之應用。有關風險評估請參見第 11.1 節之內容，簡言之，【風險=危害潛勢(Hz)×易損性(Vu)×後果(Cq)=危害引發功能失效模式之可能性×功能失效模式發生後之嚴重性】。應用此原理，橋梁層級是以橋梁整體為標的，重點在於掌握風險來源對應之危害潛勢、曝露於風險來源之下橋梁功能失效之可能性(易損性)、橋梁功能失效後造成對國家社會如生命、經濟等衝擊之嚴重性(後果)，據以了解目前環境下橋梁現況影響國家社會之風險，包括某橋梁的關鍵風險來源或所考量風險對應之關鍵橋梁，詳見第 10.1 節

「橋檢與性能評估等後續工作結合」。而構件層級則是以組成橋梁的構件為標的，考慮各種風險來源對應之危害潛勢對於同一橋梁之各構件而言是相同的，所以，重點在於掌握構件功能失效之可能性(易損性)、構件功能失效後影響橋梁功能之嚴重性(後果)，據以了解構件損傷現況影響橋梁功能之風險，包括影響橋梁功能之關鍵性構件(檢測項目)等，詳見後文。而橋梁層級與構件層級之串接，是於橋梁功能失效之可能性(易損性)中納入構件狀況之影響。

風險評估應用於構件層級及檢測項目之原理：由構件劣化損傷嚴重程度與範圍( $D_{ij}$ 、 $E_{ij}$  值)，組合為構件及檢測項目功能失效之可能性(易損性)指標  $P_{ij}$  及  $P_i$ ；以構件權重反應構件功能失效對橋梁功能之影響程度，作為後果指標值  $w_i^*$ ；以構件  $P_i$  與  $w_i^*$  之乘積= $R_i^*$  值代表構件損傷狀況影響橋梁功能之風險或關鍵性，反映構件維修相對急迫性。

- (1) 步驟 1：針對各檢測項目(i)之構件(j)，評估損傷程度( $D_{ij}$ )與損傷範圍( $E_{ij}$ )。損傷程度以構件發生功能失效為主考量。
- (2) 步驟 2：將各構件  $D_{ij}$ 、 $E_{ij}$  指標組合為構件 ij 功能失效可能性指標  $P_{ij}$ 。例如：取  $P_{ij}=(D_{ij} \times E_{ij})/(4 \times 4)$ ，但為了區別如  $D=1$  且  $E=4$  以及  $D=4$  且  $E=1$  對應之構件功能失效可能性之差異，本研究建議採用矩陣圖表(表 9-4)來查詢，表中各 D、E 組合對應 P 值之排列，參考『縣市政府老舊橋梁改善可行性評估』劣化值之排序方式，如表中箭頭方向所示，於 0~100 分之中內插。

表 9-4 構件功能失效可能性矩陣

D \ E	1	2	3	4
1	0	7	21	41
2	15	28	48	68
3	35	55	75	88
4	62	82	94	100

- (3) 步驟 3: 依據  $P_{ij}$  計算項目  $i$  構件類別之功能失效可能性指標  $P_i$ 。對於檢測項目  $i$  包括單支構件  $j$  者,  $P_i=P_{ij}$ ; 對於檢測項目(例如橋墩)包括多支構件(例如橋柱)者, 1) 可參考 CI 指標是取各細項  $Ic_{ij}$  平均值做為該項  $Ic_i$  之精神, 2) 亦可參考 PI 指標將細項  $Ic_{ij}$  指標值以(75~100)、(50~75)、(0~50)分類, 取最嚴重類別之損傷構件細項之平均值的精神, 此處照理可以由表 9-4 之可能性  $P_{ij}$  值為 25%、50%作為分界點, 但表 9-4 內  $P_{ij}$  值並非成比例, 所以, 取  $P_{ij}$  值排序中前 25%對應之值( $P_{ij}=21\%$ )、前 50%對應之值( $P_{ij}=48\%$ )來分類, 亦即: 以  $P_{ij}$  為(0~21%)、(21%~48%)、(48%~100%)分類; 3) 取代表性損傷構件之方法中, 其檢測項目之損傷不會因取平均值而被稀釋, 但卻不能區別代表性損傷構件多寡造成之差異, 為此, 建議採用

$$P_i = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{ij})。$$

- (4) 步驟 4: 針對所考慮之風險來源, 建立後果指標  $w_i^*$ 。該後果指標代表構件功能失效後影響橋梁功能之嚴重性。因風險評估將構件功能失效之可能性與功能失效後影響橋梁功能(後果)之嚴重性獨立, 後果指標可以由構件權重表示。例如: 若不區分風險來源, 可先考慮採用現行狀況或功能指標計算時所取用之各構件之權重  $w_i$ (表 2-42、表 2-43), 以權重最大之構件對應  $w_i^*=100$  正規化後備用; 亦可針對單一風險來源, 取第 2.2.2.2 節用於計算 SSI、SFI、SRI、USI 等指標<sup>[28]</sup>之構件權重, 即僅挑出該風險影響之構件, 同樣正規化後備用, 其他項目權重則為 0。針對其他類風險來源, 此部份內容需再進一步研究、完善。
- (5) 步驟 5: 構件關鍵性指標  $R_i^*$  評估。該指標表示構件狀況影響橋梁功能之關鍵性, 以類似 D.E.R.&U.法之  $R_i^*$  表示。應用風險評估之原理, 組合損傷可能性  $P_i$  以及該損傷導致的後果  $w_i^*$ , 即可得到各構件影響橋梁功能之風險或關鍵性指標  $R_i^*$ , 組合方式可用乘積或關鍵性矩陣圖表, 不須人為判斷。惟若採用關鍵

性矩陣圖表，還須進一步研究，依目前現況，組合方式可先採用乘積。

(6) 步驟 6：採用相加法則，組合各構件關鍵性指標為所有橋梁構件狀況影響橋梁功能之風險或關鍵性指標，並正規化，如式 9.1，該指標值越大表示構件現況影響橋梁功能之風險越高；而影響橋梁功能之橋梁構件狀況指標(Condition Index, 式 9.2)，其值越大代表橋梁狀況越好。

$$R^* = \frac{\sum_{i=1}^{21} R_i^*}{\sum_{i=1}^{21} w_i^*} = \frac{\sum_{i=1}^{21} (P_i \times w_i^*)}{\sum_{i=1}^{21} w_i^*} \dots\dots\dots (9.1)$$

$$CI^* = 100 - 100 \times R^* = 100 - 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{21} (P_i \times w_i^*)}{\sum_{i=1}^{21} w_i^*} \dots\dots\dots (9.2)$$

(7) 步驟 7：影響橋梁功能之關鍵構件排序或橋梁狀況排序。

### 3. 範例

以本計畫現地檢測橋梁為例，採用某一人員之檢測結果 D、E、R 值，先依表 2-42、表 2-43 之權重，分別計算 CI 與 PI、新 CI 與新 PI 於表 9-5~表 9-9。再依據檢測結果 D、E 值，採用本研究上述方法進行計算，結果同樣列於表 9-5~表 9-9，表 9-5~表 9-9 中， $P_{ij}$  均依據表 9-4 查獲，檢測項目含有多支構件者，若無損傷，則以單一項目呈現，各表計算差異說明如下：

(1) 表 9-5：

- a. 取  $P_{ij}$  平均值做為  $P_i$ 。
- b.  $w_i^*$  值依據表 2-42 構件權重正規化(以最大值為標準)。
- c. 狀況指標記為「 $CI^*$ 」，與 CI 比較。

(2) 表 9-6：



- a. 取  $P_{ij}$  平均值做為  $P_i$ 。
- b.  $w_i^*$  值依據表 2-43 (橋長>100m)構件重要性係數正規化(以最大值为標準)。
- c. 狀況指標記為「新 CI\*」，與新 CI 比較。

(3) 表 9-7：

- a. 以  $P_{ij}$  為(0~21%)、(21%~48%)、(48%~100%)分類，取代表性者平均值做為  $P_i$ 。
- b.  $w_i^*$  值依據表 2-42 構件權重正規化(以最大值为標準)。
- c. 狀況指標記為「PI\*」，與 PI 比較。

(4) 表 9-8：

- a. 以  $P_{ij}$  為(0~21%)、(21%~48%)、(48%~100%)分類，取代表性者平均值做為  $P_i$ 。
- b.  $w_i^*$  值依據表 2-43 (橋長>100m)構件重要性係數正規化(以最大值为標準)。
- c. 狀況指標記為「新 PI\*」，與新 PI 比較。

(5) 表 9-9：

- a. 取  $P_i=1- \Pi(1-P_{ij})$ 。
- b.  $w_i^*$  值依據表 2-43 (橋長>100m)構件重要性係數正規化(以最大值为標準)。
- c. 狀況指標記為「PI\*<sub>建議</sub>」，與新 PI 比較。

依據上述各表計算之  $R_i^*$ ，該案例關鍵性構件項目排序如表 9-10 所示，表 9-6 與表 9-8 採用新權重，對於本案例檢測項目不達 21 項較適宜；表 9-7 與表 9-8，因取代表性的損傷構件，主要問題

不會如表 9-5 與表 9-6 取平均而被稀釋，但卻不能區別代表性損傷構件多寡造成之差異，表 9-9 則能較客觀呈現該影響。本研究建議依據表 9-9 之方法計算風險並進行橋梁排序。

表 9-5 本研究現地檢測橋梁 CI 與 CI\*比較表

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	Ic <sub>ij</sub>	Ic <sub>i</sub>	CI 構件 權重(%)	Ic <sub>i</sub> 乘權 重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub> (%)	w <sub>i</sub> *	R <sub>i</sub> * (%)
1.引道路堤	遠端	1	0	0	100	100	3	3.00	0.00	0.00	0.375	0.00
	近端	1	0	0	100				0.00			
2.引道護欄	遠端	1	0	0	100	100	2	2.00	0.00	0.00	0.250	0.00
	近端	1	0	0	100				0.00			
3.河道		1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00	0.625	0.00
4.引道護坡	遠端	1	0	0	100	100	3	3.00	0.00	0.00	0.375	0.00
	近端	1	0	0	100				0.00			
5.橋台基礎	遠端	0	0	0	100	100	6	6.00	0.00	0.00	0.750	0.00
	近端	0	0	0	100				0.00			
6.橋台	遠端	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00	0.625	0.00
	近端	1	0	0	100				0.00			
7.翼牆/擋土 牆	遠端	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00	0.625	0.00
	近端	1	0	0	100				0.00			
8.摩擦層		3	1	2	90.625	90.625	3	2.72	0.35	35.00	0.375	13.13
9.橋面排水設施		2	1	1	96.875	96.875	4	3.88	0.15	15.00	0.500	7.50
10.緣石及人行道		0	0	0	100	100	2	2.00	0.00	0.00	0.250	0.00
11.欄杆及護牆		2	1	1	96.875	96.875	3	2.91	0.15	15.00	0.375	5.63
12.橋墩保 護設施	P001	1	0	0	100	93.75	6	5.63	0.00	18.33	0.750	13.75
	P002	3	2	2	81.25				0.55			
	P003	1	0	0	100				0.00			
13.橋墩基 礎	P001	0	0	0	100	100	8	8.00	0.00	0.00	1.000	0.00
	P002	0	0	0	100				0.00			
	P003	0	0	0	100				0.00			
14.橋墩墩 體/帽梁	P001	1	0	0	100	100	7	7.00	0.00	0.00	0.875	0.00
	P002	1	0	0	100				0.00			
	P003	1	0	0	100				0.00			
15.支承/支 承墊	A001	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00	0.625	0.00
	A002	1	0	0	100				0.00			
	P001	1	0	0	100				0.00			
	P002	1	0	0	100				0.00			
	P003	1	0	0	100				0.00			
16.止震塊/ 拉桿	A001	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00	0.625	0.00
	A002	1	0	0	100				0.00			
	P001	0	0	0	100				0.00			
	P002	1	0	0	100				0.00			
	P003	0	0	0	100				0.00			
17.伸縮縫	A001	2	1	1	96.875	98.75	6	5.93	0.15	6.00	0.750	4.50
	A002	1	0	0	100				0.00			
	P001	0	0	0	100				0.00			
	P002	2	1	1	96.875				0.15			

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	Ic <sub>ij</sub>	Ic <sub>i</sub>	CI 構件 權重(%)	Ic <sub>i</sub> 乘 權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub> (%)	w <sub>i</sub> <sup>*</sup>	R <sub>i</sub> <sup>*</sup> (%)
	P003	0	0	0	100				0.00			
18. 主構件 (大梁)	S001	1	0	0	100	100	8	8.00	0.00	0.00	1.000	0.00
	S002	1	0	0	100				0.00			
	S003	1	0	0	100				0.00			
	S004	1	0	0	100				0.00			
19. 副構件 (橫梁)	S001	1	0	0	100	100	6	6.00	0.00	0.00%	0.750	0.00
	S002	1	0	0	100				0.00			
	S003	1	0	0	100				0.00			
	S004	1	0	0	100				0.00			
20. 橋面板	S001	1	0	0	100	99.21875	7	6.95	0.00	3.75	0.875	3.28
	S002	2	1	1	96.875				0.15			
	S003	1	0	0	100				0.00			
	S004	1	0	0	100				0.00			
21. 其它		1	0	0	100	100	1	1.00	0.00	0.00	0.125	0.00
加總						CI=99				CI*=96.18		

表 9-6 本研究現地檢測橋梁新 CI 與新 CI\* 比較表

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	Ic <sub>ij</sub>	Ic <sub>i</sub>	CI 構件 權重(%)	正規化 權重	Ic <sub>i</sub> 乘 權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub>	w <sub>i</sub> <sup>*</sup>	R <sub>i</sub> <sup>*</sup>
1. 引道路堤	遠端	1	0	0	100	100	1.855	0.039	3.95	0.00	0.00%	0.463	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
2. 引道護欄	遠端	1	0	0	100	100	1.351	0.029	2.87	0.00	0.00%	0.337	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
3. 河道		1	0	0	100	100	2.591	0.055	5.51	0.00	0.00%	0.647	0.00%
4. 引道護坡	遠端	1	0	0	100	100	1.443	0.031	3.07	0.00	0.00%	0.360	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
5. 橋台基礎	遠端	0	0	0	100	100	3.608	0.077	7.68	0.00	0.00%	0.901	0.00%
	近端	0	0	0	100					0.00			
6. 橋台	遠端	1	0	0	100	100	3.441	0.073	7.32	0.00	0.00%	0.859	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
7. 翼牆/擋土 牆	遠端	1	0	0	100	100	2.002	0.043	4.26	0.00	0.00%	0.500	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
8. 摩擦層		3	1	2	90.625	90.625	1.58	0.034	3.05	0.35	35.00%	0.395	13.81%
9. 橋面排水設施		2	1	1	96.875	96.875	1.351	0.029	2.78	0.15	15.00%	0.337	5.06%
10. 緣石及人行道		0	0	0	100	100	0	0.000	0.00	0.00	0.00%	0.000	0.00%
11. 欄杆及護牆		2	1	1	96.875	96.875	1.351	0.029	2.78	0.15	15.00%	0.337	5.06%
12. 橋墩保護 設施	P001	1	0	0	100	93.75	2.82	0.060	5.62	0.00	18.33%	0.704	12.91%
	P002	3	2	2	81.25					0.55			
	P003	1	0	0	100					0.00			
13. 橋墩基礎	P001	0	0	0	100	100	4.004	0.085	8.52	0.00	0.00%	1.000	0.00%
	P002	0	0	0	100					0.00			
	P003	0	0	0	100					0.00			
14. 橋墩墩體/ 帽梁	P001	1	0	0	100	100	3.837	0.082	8.16	0.00	0.00%	0.958	0.00%
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	1	0	0	100					0.00			
15. 土承/土承	A001	1	0	0	100	100	2.79	0.059	5.94	0.00	0.00%	0.697	0.00%

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	I <sub>cij</sub>	I <sub>ci</sub>	CI 構件 權重(%)	正規化 權重	I <sub>ci</sub> 乘 權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub>	w <sub>i</sub> <sup>*</sup>	R <sub>i</sub> <sup>*</sup>
墊	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	1	0	0	100					0.00			
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	1	0	0	100					0.00			
16.止震塊/拉桿	A001	1	0	0	100	100	2.332	0.050	4.96	0.00	0.00%	0.582	0.00%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	0	0	0	100					0.00			
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	0	0	0	100					0.00			
17.伸縮縫	A001	2	1	1	96.875	98.75	1.809	0.038	3.80	0.15	6.00%	0.452	2.71%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	0	0	0	100					0.00			
	P002	2	1	1	96.875					0.15			
	P003	0	0	0	100					0.00			
18.主構件 (大梁)	S001	1	0	0	100	100	3.837	0.082	8.16	0.00	0.00%	0.958	0.00%
	S002	1	0	0	100					0.00			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
19.副構件 (橫梁)	S001	1	0	0	100	100	1.773	0.038	3.77	0.00	0.00%	0.443	0.00%
	S002	1	0	0	100					0.00			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
20.橋面板	S001	1	0	0	100	99.21875	3.232	0.069	6.82	0.00	3.75%	0.807	3.03%
	S002	2	1	1	96.875					0.15			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
21.其它		1	0	0	100	100				0.00	0.00%		0.00%
加總					新 CI=99.03					新 CI*=96.37			

表 9-7 本研究現地檢測橋梁 PI 與 PI\*比較表

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	I <sub>cij</sub>	I <sub>ci</sub>	舊 PI 權重	I <sub>ci</sub> 乘 權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub>	w <sub>i</sub> <sup>*</sup>	R <sub>i</sub> <sup>*</sup>
1. 引道 路堤	遠端	1	0	0	100	100	3	3.00	0.00	0.00%	0.375	0.00%
	近端	1	0	0	100				0.00			
2. 引道 護欄	遠端	1	0	0	100	100	2	2.00	0.00	0.00%	0.250	0.00%
	近端	1	0	0	100				0.00			
3.河道		1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00%	0.625	0.00%
4. 引道 護坡	遠端	1	0	0	100	100	3	3.00	0.00	0.00%	0.375	0.00%
	近端	1	0	0	100				0.00			
5. 橋台 基礎	遠端	0	0	0	100	100	6	6.00	0.00	0.00%	0.750	0.00%
	近端	0	0	0	100				0.00			
6.橋台	遠端	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00%	0.625	0.00%
	近端	1	0	0	100				0.00			
7.翼牆/ 擋土牆	遠端	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00%	0.625	0.00%
	近端	1	0	0	100				0.00			

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	I <sub>cij</sub>	I <sub>ci</sub>	舊 PI 權重	I <sub>ci</sub> 乘 權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub>	w <sub>i</sub> *	R <sub>i</sub> *
8. 摩擦層		3	1	2	90.625	90.625	3	2.72	0.35	35.00%	0.375	13.13%
9. 橋面排水設施		2	1	1	96.875	96.875	4	3.88	0.15	15.00%	0.500	7.50%
10. 緣石及人行道		0	0	0	100	100	2	2.00	0.00	0.00%	0.250	0.00%
11. 欄杆及護牆		2	1	1	96.875	96.875	3	2.91	0.15	15.00%	0.375	5.63%
12. 橋墩 保護設 施	P001	1	0	0	100	93.75	6	5.63	0.00	55.00%	0.750	41.25%
	P002	3	2	2	81.25				0.55			
	P003	1	0	0	100				0.00			
13. 橋墩 基礎	P001	0	0	0	100	100	8	8.00	0.00	0.00%	1.000	0.00%
	P002	0	0	0	100				0.00			
	P003	0	0	0	100				0.00			
14. 橋墩 墩體/帽 梁	P001	1	0	0	100	100	7	7.00	0.00	0.00%	0.875	0.00%
	P002	1	0	0	100				0.00			
	P003	1	0	0	100				0.00			
15. 支承/ 支承墊	A001	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00%	0.625	0.00%
	A002	1	0	0	100				0.00			
	P001	1	0	0	100				0.00			
	P002	1	0	0	100				0.00			
	P003	1	0	0	100				0.00			
16. 止震 塊/拉桿	A001	1	0	0	100	100	5	5.00	0.00	0.00%	0.625	0.00%
	A002	1	0	0	100				0.00			
	P001	0	0	0	100				0.00			
	P002	1	0	0	100				0.00			
	P003	0	0	0	100				0.00			
17. 伸縮 縫	A001	2	1	1	96.875	98.75	6	5.93	0.15	6.00%	0.750	4.50%
	A002	1	0	0	100				0.00			
	P001	0	0	0	100				0.00			
	P002	2	1	1	96.875				0.15			
	P003	0	0	0	100				0.00			
18. 主構 件 ( 大 梁)	S001	1	0	0	100	100	8	8.00	0.00	0.00%	1.000	0.00%
	S002	1	0	0	100				0.00			
	S003	1	0	0	100				0.00			
	S004	1	0	0	100				0.00			
19. 副構 件 ( 橫 梁)	S001	1	0	0	100	100	6	6.00	0.00	0.00%	0.750	0.00%
	S002	1	0	0	100				0.00			
	S003	1	0	0	100				0.00			
	S004	1	0	0	100				0.00			
20. 橋面 板	S001	1	0	0	100	99.21875	7	6.95	0.00	3.75%	0.875	3.28%
	S002	2	1	1	96.875				0.15			
	S003	1	0	0	100				0.00			
	S004	1	0	0	100				0.00			
21. 其 它		1	0	0	100	100	1	1.00	0.00	0.00%	0.125	0.00%
加總					PI=99.00			PI*=93.98				

表 9-8 本研究現地檢測橋梁新 PI 與新 PI\*比較表

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	I <sub>cij</sub>	I <sub>ci</sub>	新 PI 重要性係數	正規化權重	I <sub>ci</sub> 乘權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub>	w <sub>i</sub> *	R <sub>i</sub> *
1.引道路堤	遠端	1	0	0	100	100	1.855	0.039	3.95	0.00	0.00%	0.463	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
2.引道護欄	遠端	1	0	0	100	100	1.351	0.029	2.87	0.00	0.00%	0.337	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
3.河道		1	0	0	100	100	2.591	0.055	5.51	0.00	0.00%	0.647	0.00%
4.引道護坡	遠端	1	0	0	100	100	1.443	0.031	3.07	0.00	0.00%	0.360	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
5.橋台基礎	遠端	0	0	0	100	100	3.608	0.077	7.68	0.00	0.00%	0.901	0.00%
	近端	0	0	0	100					0.00			
6.橋台	遠端	1	0	0	100	100	3.441	0.073	7.32	0.00	0.00%	0.859	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
7.翼牆/擋土牆	遠端	1	0	0	100	100	2.002	0.043	4.26	0.00	0.00%	0.500	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
8.摩擦層		3	1	2	90.625	90.625	1.58	0.034	3.05	0.35	35.00%	0.395	13.81%
9.橋面排水設施		2	1	1	96.875	96.875	1.351	0.029	2.78	0.15	15.00%	0.337	5.06%
10.緣石及人行道		0	0	0	100	100	0	0.000	0.00	0.00	0.00%	0.000	0.00%
11.欄杆及護牆		2	1	1	96.875	96.875	1.351	0.029	2.78	0.15	15.00%	0.337	5.06%
12.橋墩保護設施	P001	1	0	0	100	93.75	2.82	0.060	5.62	0.00	55.00%	0.704	38.74%
	P002	3	2	2	81.25					0.55			
	P003	1	0	0	100					0.00			
13.橋墩基礎	P001	0	0	0	100	100	4.004	0.085	8.52	0.00	0.00%	1.000	0.00%
	P002	0	0	0	100					0.00			
	P003	0	0	0	100					0.00			
14.橋墩墩體/帽梁	P001	1	0	0	100	100	3.837	0.082	8.16	0.00	0.00%	0.958	0.00%
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	1	0	0	100					0.00			
15.支承/支承墊	A001	1	0	0	100	100	2.79	0.059	5.94	0.00	0.00%	0.697	0.00%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	1	0	0	100					0.00			
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	1	0	0	100					0.00			
16.止震塊/拉桿	A001	1	0	0	100	100	2.332	0.050	4.96	0.00	0.00%	0.582	0.00%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	0	0	0	100					0.00			
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	0	0	0	100					0.00			
17.伸縮縫	A001	2	1	1	96.875	98.75	1.809	0.038	3.80	0.15	6.00%	0.452	2.71%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	0	0	0	100					0.00			
	P002	2	1	1	96.875					0.15			
	P003	0	0	0	100					0.00			
18.主構件(大梁)	S001	1	0	0	100	100	3.837	0.082	8.16	0.00	0.00%	0.958	0.00%
	S002	1	0	0	100					0.00			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
19.副構件	S001	1	0	0	100	100	1.773	0.038	3.77	0.00	0.00%	0.443	0.00%
	S002	1	0	0	100					0.00			

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	I <sub>cij</sub>	I <sub>ci</sub>	新PI重要性係數	正規化權重	I <sub>ci</sub> 乘權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub>	w <sub>i</sub> *	R <sub>i</sub> *
(橫梁)	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
20.橋面板	S001	1	0	0	100	99.21875	3.232	0.069	6.82	0.00	3.75%	0.807	3.03%
	S002	2	1	1	96.875					0.15			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
21. 其它		1	0	0	100	100				0.00	0.00%		0.00%
加總						新PI=99.03				新PI*=94.17			

表 9-9 本研究現地檢測橋梁新 PI 與 PI\*<sub>建議</sub>比較表

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	I <sub>cij</sub>	I <sub>ci</sub>	新PI重要性係數	正規化權重	I <sub>ci</sub> 乘權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub> =1-Π (1- P <sub>ij</sub> )	w <sub>i</sub> *	R <sub>i</sub> *
1.引道路堤	遠端	1	0	0	100	100	1.855	0.039	3.95	0.00	0.00%	0.463	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
2.引道護欄	遠端	1	0	0	100	100	1.351	0.029	2.87	0.00	0.00%	0.337	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
3.河道		1	0	0	100	100	2.591	0.055	5.51	0.00	0.00%	0.647	0.00%
4.引道護坡	遠端	1	0	0	100	100	1.443	0.031	3.07	0.00	0.00%	0.360	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
5.橋台基礎	遠端	0	0	0	100	100	3.608	0.077	7.68	0.00	0.00%	0.901	0.00%
	近端	0	0	0	100					0.00			
6.橋台	遠端	1	0	0	100	100	3.441	0.073	7.32	0.00	0.00%	0.859	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
7.翼牆/擋土牆	遠端	1	0	0	100	100	2.002	0.043	4.26	0.00	0.00%	0.500	0.00%
	近端	1	0	0	100					0.00			
8.摩擦層		3	1	2	90.625	90.625	1.58	0.034	3.05	0.35	35.00%	0.395	13.81%
9.橋面排水設施		2	1	1	96.875	96.875	1.351	0.029	2.78	0.15	15.00%	0.337	5.06%
10.緣石及人行道		0	0	0	100	100	0	0.000	0.00	0.00	0.00%	0.000	0.00%
11.欄杆及護牆		2	1	1	96.875	96.875	1.351	0.029	2.78	0.15	15.00%	0.337	5.06%
12.橋墩保護設施	P001	1	0	0	100	93.75	2.82	0.060	5.62	0.00	55.00%	0.704	38.74%
	P002	3	2	2	81.25					0.55			
	P003	1	0	0	100					0.00			
13.橋墩基礎	P001	0	0	0	100	100	4.004	0.085	8.52	0.00	0.00%	1.000	0.00%
	P002	0	0	0	100					0.00			
	P003	0	0	0	100					0.00			
14.橋墩墩體/帽梁	P001	1	0	0	100	100	3.837	0.082	8.16	0.00	0.00%	0.958	0.00%
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	1	0	0	100					0.00			
15.支承/支承墊	A001	1	0	0	100	100	2.79	0.059	5.94	0.00	0.00%	0.697	0.00%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	1	0	0	100					0.00			
	P002	1	0	0	100					0.00			
	P003	1	0	0	100					0.00			
16.止震塊/拉桿	A001	1	0	0	100	100	2.332	0.050	4.96	0.00	0.00%	0.582	0.00%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	0	0	0	100					0.00			
	P002	1	0	0	100					0.00			

		D <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>	R <sub>ij</sub>	Ic <sub>ij</sub>	Ic <sub>i</sub>	新PI重要性係數	正規化權重	Ic <sub>i</sub> 乘權重	P <sub>ij</sub>	P <sub>i</sub> =1-Π(1-P <sub>ij</sub> )	w <sub>i</sub> *	R <sub>i</sub> *
	P003	0	0	0	100					0.00			
17.伸縮縫	A001	2	1	1	96.875	98.75	1.809	0.038	3.80	0.15	27.75%	0.452	12.54%
	A002	1	0	0	100					0.00			
	P001	0	0	0	100					0.00			
	P002	2	1	1	96.875					0.15			
	P003	0	0	0	100					0.00			
18.主構件(大梁)	S001	1	0	0	100	100	3.837	0.082	8.16	0.00	0.00%	0.958	0.00%
	S002	1	0	0	100					0.00			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
19.副構件(橫梁)	S001	1	0	0	100	100	1.773	0.038	3.77	0.00	0.00%	0.443	0.00%
	S002	1	0	0	100					0.00			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
20.橋面板	S001	1	0	0	100	99.21875	3.232	0.069	6.82	0.00	15.00%	0.807	12.11%
	S002	2	1	1	96.875					0.15			
	S003	1	0	0	100					0.00			
	S004	1	0	0	100					0.00			
21.其它		1	0	0	100	100				0.00	0.00%		0.00%
加總						新PI=99.03			PI*建議=92.56				

表 9-10 表 9-5~表 9-9 關鍵性構件項目排序比較表

關鍵構序	表 9-5 CI*=96.18%		表 9-6 新CI*=96.37%		表 9-7 PI*=93.98%		表 9-8 新PI*=94.17%		表 9-9 PI*建議=92.56%	
	構件項目名稱	R <sub>i</sub> *	構件項目名稱	R <sub>i</sub> *	構件項目名稱	R <sub>i</sub> *	構件項目名稱	R <sub>i</sub> *	構件項目名稱	R <sub>i</sub> *
1	12 橋墩保護設施	13.75	8 摩擦層	13.81	12 橋墩保護設施	41.25	12 橋墩保護設施	38.74	12 橋墩保護設施	38.74
2	8.摩擦層	13.13	12.橋墩保護設施	12.91	8 摩擦層	13.13	8 摩擦層	13.81	8.摩擦層	13.81
3	9.橋面排水設施	7.5	9.橋面排水設施、 11.欄杆及護牆	5.06	9.橋面排水設施	7.5	9.橋面排水設施、 11 欄杆及護牆	3.06	17.伸縮縫	12.54
4	11.欄杆及護牆	5.63	20.橋面板/鉸接版	3.03	11.欄杆及護牆	5.63	20.橋面板/鉸接版	3.03	20.橋面板/鉸接版	12.11
5	17.伸縮縫	4.5	17.伸縮縫	2.71	17.伸縮縫	4.5	17 伸縮縫	2.71	9.橋面排水設施、 11 欄杆及護牆	5.06
6	20.橋面板/鉸接版	3.28			20.橋面板/鉸接版	3.28				



#### 4. 本研究提議方法之優點

- (1) 僅需依據 D、E，減少主觀性之影響程度。
- (2) 有效反應構件損傷程度與範圍。
- (3) 針對含多支構件之檢測項目，有效反映各支損傷程度與損傷支數之影響。
- (4) 掌握影響某單一橋梁安全性與服務性之關鍵構件。
- (5) 有效反映橋梁整體狀況。
- (6) 可據此排出維護管理重點與優先順序。
- (7) 容易納入既有橋梁管理系統。
  - a. 國內橋梁檢測行之有年，相關檢測結果亦納入橋梁管理系統，針對整合性風險或耐洪、耐震等單一風險，該方法可以應用既有橋檢資料。
  - b. TBMS 系統面：增加新指標之方式，通過邏輯層處理，小修介面即可成功實施。

#### 5 小結

若以現行檢測評估改變不大為前提，建議短期內可施行之方式包括：1)統一「公路橋梁一般目視檢測手冊」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」有無損傷情形對應 D 值之判定標準；2)判定有疑慮者，以會議方式進行技術性決議；3) 以 D.E.R.&U.法為基準，僅針對少部份主要項目納入 A.B.C.D.N 法之精神，採用表 9-3 所示方式評估 D、E 值；4) 加值應用 D.E.R.&U.法檢測結果，針對以往所考慮之風險來源，採用上述構件層級風險評估法，掌握構件損傷現況影響橋梁功能之風險以及影響橋梁功能之關鍵構件。後續，再結合本報告有關橋梁檢測評估與國內相關規範及資訊系統有效結合施行之建議，長期內方可施行。



# 第十章 橋梁檢測評估與國內相關規範及資訊系統有效 結合施行建議

## 10.1 橋檢與性能評估等後續工作結合

### 1. 考量

#### (1) 國內橋檢現況與需求：

- a. 橋檢結果顯示健康狀況良好之橋梁，在突發危害下仍有損傷風險，橋檢結果對後續橋梁維管決策之應用有限。
- b. 目前臺灣地區之橋梁性能初步評估表分為：耐洪能力、耐震能力以及承載能力評估表等。交通部公路總局所建立之『公路橋梁耐震評估及補強準則』亦建議初步評估法來篩選需要詳細評估之橋梁，初步評估包括耐震評估檢查表法與風險值法，耐震評估檢查表主要係參考交通部民國 87 年 7 月研究報告「建立公路橋梁安全檢測評估子系統軟體」與民國 92 年 12 月交通部公路總局研究報告「橋梁耐震能力評估準則之建立」，與民國 97 年交通部公路總局研究報告「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究」加以修正而成；與業界目視檢測後所使用的初評表<sup>[51、52]</sup>不完全一致，有必要整合初步評估表，同時，有效納入橋檢結果。

- #### (2) 國外借鏡：美國 NBIS 之作法，係整合影響橋梁性能之所有資料，除了橋梁狀況所反映之內部因素以外，還包括環境、交通使用、防災系統等外因，彙整為 SI&A 總資訊後，先判定是否有結構缺陷與功能喪失，若沒有問題，則維持例行性的管理，不須特別處置，若有問題，才進一步計算能力評等指標 SR(sufficiency Rating)值，分別以 $SR \leq 80\%$ 與 $SR \leq 50\%$ 作為決策橋梁進行維修或重建之門檻值，同時作為執行優先順序之參考、預算經費編列及核撥之依據。此作法將橋檢所反映之狀況

與橋梁性能有效結合，提供維管決策應用。另外，Pontis 已納入風險管理之概念。

## 2. 建議

既有橋梁未來受災損之可能性與程度，與災害發生之潛勢以及橋梁結構本身之性能或易損性相關，亦即包括外因與內因兩方面，而目視檢測結果可以提供橋梁現況訊息，直接影響橋梁本身的易損性。建議應用風險管理之理論，考慮將橋梁狀況檢測結果與後續性能評估相結合，強化橋梁檢測結果於維管決策之應用。

首先，為了整合業界檢測用的性能初評表以及評估補強準則中的初步評估表，將國內現行各評估指標、現行耐洪能力、耐震能力(含落橋與橋柱之強度與韌性評估)、承載能力初步評估表之項目納入考量，建立結合橋梁檢測之橋梁風險初步評量表：包括危害潛勢影響因子、橋梁易損性影響因子、橋梁損傷後果影響因子，據此建立綜合風險評量項目表。該方法之實施，可以讓管理單位掌握影響某單一橋梁性能之風險來源、危害潛勢、易損性、橋梁抵抗危害的能力、維管須重視之關鍵風險、關鍵構件，亦可針對所管轄之多座橋梁，進行各類別風險排序或綜合風險指標排序，掌握關鍵橋梁，據此排出維護管理優先順序。上述內容擬於後期另案詳細探討與研擬。

基於上述結合橋梁檢測之橋梁風險初步評估法，可進一步建立風險可接受標準值，除了如美國提供辦理修復或改建之方向，亦可考慮本土化，針對是否需要服務使用性修繕、安全性詳評補強或改建，建立門檻值作為篩選指標。對於需要維修之橋梁，提出維修建議，並篩選優先維修部位，並規劃監測系統，掌握可能之缺陷變化；對於需要對安全性進行詳評之橋梁，進行非破壞性或必要之破壞性檢測，建立數值分析模型，依據補強可接受標準進行詳細評估後，不需補強者，比照前述需維修之橋梁辦理，否則，提出補強建議並規劃監測系統；對於需改建之橋梁，則朝改建方向辦理。

有關橋梁餘壽之判定，可以依據各環境條件下不同橋齡橋梁之風險指標回歸分析結果進行初步評判，亦可依據上述詳細評估所採用之數值分析模型，考慮材料劣化模型進行詳細評析。

以上說明如圖 10.1 所示。

## 10.2 橋檢與資訊系統之整合

### 1. 橋梁管理資訊系統配合實施建議：

國內橋梁檢測行之有年，相關檢測結果亦納入「臺灣地區橋梁管理資訊系統」，因此，在第 9.10 節橋檢有效實施之評估方法建議中，已考慮到既有資訊系統因應之難易度，例如：損傷程度與損傷範圍之評估，仍以每一構件記錄一筆資料為原則，系統不需改變；而 D.E.R.&U.法之改進，如同增加新指標之方式，通過邏輯層處理，最後小修介面即可成功實施。

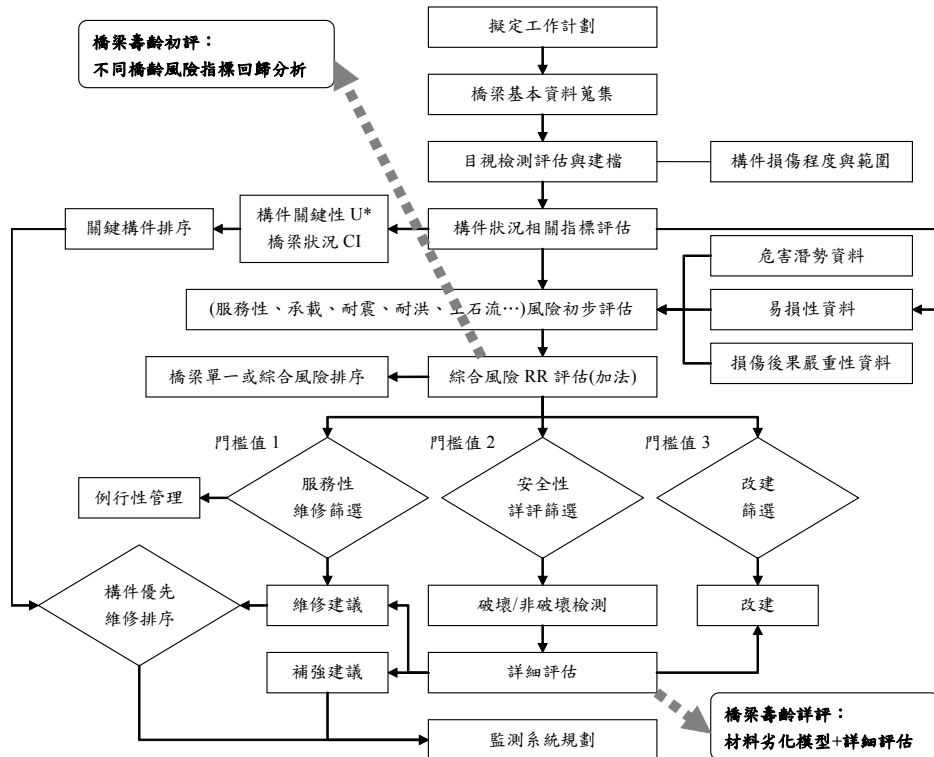


圖 10.1 橋檢與性能評估等後續工作結合實施示意圖

而針對與後續工作結合實施之建議，因包括所有危害潛勢影響因子、橋梁易損性影響因子、橋梁損傷後果影響因子等，所以可考慮於「檢測資料模組」中，同時納入「構件檢測資料」與「其他檢測資料」，前者則對應現行系統之檢測資料模組，納入前述橋檢有效實施建議，後者則依據橋檢與初步評估法結合之建議，納入橋梁風險初步評量表中橋梁現況以外之其他因子所對應之檢測項目；再於決策支援模組中，增加「風險管理模組」，依據橋檢與初步評估法結合之建議，計算單一風險與綜合風險指標，再依不同條件進行排序，最後依據與後續詳細評估、維修補強與監測工作結合之建議，提供維護管理建議。

橋梁管理系統最重要的是確保資料的正確性，建議可開發橋檢現場用之前端軟體，其資料庫可與橋梁管理系統進行資料交換，另外，可考慮可能的除錯機制，例如可進行相關系統資料勾稽，並配合查核機制來確保。

建議建立橋梁檢測專家知識庫，使用者於檢測橋梁之構件時，系統會顯示該構件可能之劣化類型供使用者選擇，選擇完損壞類型後，系統會建議若干相關檢測法供使用者選擇，並列出可能造成該損壞之原因，最後建議與選擇修復工法。此作法可以適用於現行系統，亦可配合未來實施方向規劃。

## 2. 工作落實：

考慮到管理單位未來組織再造，可能人力更加不足，委外辦理工作可能更加頻繁，檢測工作之落實更顯重要，資訊系統配合實施建議如下：

- (1) 行動裝置搭配 RFID 之應用：建立橋梁巡視圖，由 RFID 辨識檢測位置，系統自動選擇填表畫面，行動裝置系統填寫巡檢基本資料(人、設備/元件、事件…)，系統資料庫-行動裝置-RFID 讀寫進行資料交換，落實巡檢到位，讓缺陷無所遁形。過去的行動裝置在推廣 PDA 時遇到電能維持時間不長、陽光下反光

等問題，目前 PDA 或 smart phone 已改進，可連續使用約 6 小時，反光問題亦得以解決。亦可考慮採用平板電腦。另外，RFID 本身的問題亦需要考量，未來可以留意這些產品之發展，於適當時機加以應用。

- (2) 配合長期朝向數位式檢測施行之方向，可以採用行動裝置搭配影音方式，記錄各次檢測實情。





## 第十一章 橋梁風險評估之規劃建議

檢測工作之實施有助於了解橋梁自身狀況，為後續評估橋梁受損的風險、承載力、耐洪能力、耐震能力以及是否需要修繕補強提供資訊，是確保橋梁安全營運之重要環節。然而，自然界具有高度不確定性，颱風、地震的規模、強度、延時、頻率等特性不斷變化，常常超過歷史紀錄；而法規並不保證既有結構遭受特大的災害時完好無損，例如：耐震設計規範允許大地震下結構發生可接受的破壞；設計分析以及營建過程也有許多不確定性；材料的耐久性以及使用上的變更也會影響到結構物的性能。所以，風險是存在的，即使是健康狀況良好的橋梁，仍有受災損之風險。在現行檢測制度與執行面下，如何建立結合橋梁檢測之安全風險評估技術受到關注，本研究亦基於風險管理之概念，規劃未來橋梁風險評估與管理之議題。

### 11.1 風險相關概念

「行政院所屬各機關風險管理及危機處理作業基準」<sup>[91]</sup>將風險(Risk)定義為：潛在影響組織目標之事件，及其發生之可能性與嚴重程度。通常只有負面影響，亦即可能會造成災損的不利事件才是風險管理的涵蓋範疇。該不利事件視研究之範疇，可能涉及所有功能失效的事件，亦可能是特定的功能失效事件。

不利事件的發生，通常是結合了外因與內因等一序列不確定狀況，本研究中，將可能導致不利事件的威脅根源(Root Cause)定義為危害(Hazard)；而可能會直接導致人員傷亡、財產損失、環境與經濟衝擊之不利事件定義為潛在破壞模式或失效模式(Potential Failure Mode)；危害發生後，要形成破壞模式所經路徑之各事件則定義為風險因子(Risk Factor)。因此，危害亦是風險因子之一，均為導致災害模式之因素，區別僅在於是否為「始做俑者」。

依據上述定義，橋梁風險( $R$ )為發生橋梁功能失效的可能性與嚴重性兩項因素相乘所得之綜合性指標，如式 11.1 所示。其中，橋梁功能失效的可能性( $F_m$ )又可拆解為危害發生的可能性( $H_z$ )與危害確實發生後引發橋梁功能失效的可能性(又稱：易損性 Vulnerability,  $V_u$ )；橋梁功能失效的嚴重性又稱橋梁功能失效的後果( $C_q$ )。

$$R = F_m \times C_q = H_z \times V_u \times C_q \dots\dots\dots(11.1)$$

## 11.2 風險管理架構

風險管理架構如圖 11.1 所示，以風險評鑑與風險控制兩部分為主，風險評鑑包括風險辨識、風險分析與風險評估等三個步驟<sup>[92]</sup>。其中，風險辨識包含定義危害、辨識潛在破壞模式與確認風險因子等三部分，並建立三者的因果關係，其目的是為找出潛藏於系統的安全風險，包括已發生以及潛在但尚未發生的不利事件，了解由危害導致潛在破壞模式發生的路徑。風險分析包括機率分析與後果分析，實務中可以採定性、半定量以及定量(式 11.1)的分析方式來得到結果，亦即風險尺度。將評估的風險尺度與可接受標準與可容忍標準比較，即可了解該風險是否可接受、可容忍或不可容忍。若風險評估結果發現風險不可容忍，則要採取迴避、減輕、轉移或接受等措施進行風險控制，讓風險限制於可接受或可容忍之範圍。之後，則正常營運並進行風險監控、檢查與校正改善，才算完成整個 PDCA(Plan-Do-Check-Act)流程。所以，進行風險評估的目的就是要掌握不同來源風險之大小，針對不可接受或不可容忍之風險，採取對策進行控制，同時，將工作重點放於高風險項目，合理分配與使用經費。

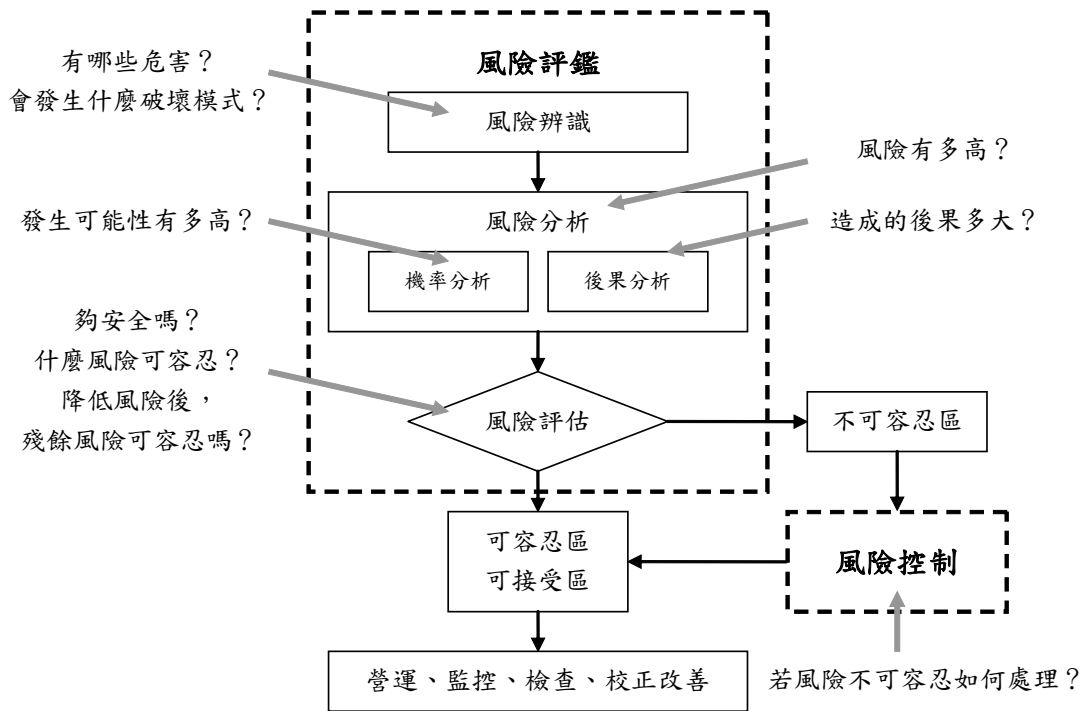


圖 11.1 風險管理架構

## 11.3 橋梁風險評估與管理之規劃建議

### 11.3.1 範疇界定

依據圖 11.1 之風險管理架構，風險評估必須經由風險辨識、風險分析，再與可接受標準與可容忍標準比較，才能完成。如前所述，考慮不利事件的風險可能涉及所有功能失效的事件，亦可能是特定的功能失效事件或破壞模式，考慮的範疇不同，需要的資料不同，會影響到後面工作的內容以及採用的方法。例如：範疇可能是群橋、單一橋梁或單一元件之所有功能失效事件或特定的功能失效事件。因此，了解業主的需求，界定業主關切的關鍵問題，了解解決問題的動機與目的以及研究的範疇，對選擇適當的方法非常有助益。

### 11.3.2 前置作業

進行風險評估前的前置作業，需要專業團隊蒐集資料，了解橋梁

設計、施工、營運與維護等階段之資料，例如：基本資料、預期性能(承載、耐洪、耐震)、監測資料、檢測維護紀錄、災情等，了解橋梁安全營運的可能缺陷或弱點，必要時，進行實地調查、訪談。

### 11.3.3 風險辨識

風險辨識是整個安全管理作業的第一步，也是風險管理作業中最重要的工作之一。風險來源包括天然外力、營運、系統內部與社會等四類，可以透過蒐集營運統計資料、群體討論、經驗導向法、問卷調查、結構化 What-If 分析、危害與操作性分析(Hazard and Operability Study)、系統分析等方法來完成，可建立如事件樹(Event Tree)或失誤樹(Fault Tree)等影響圖。

風險辨識是否完善取決於對系統及其功能以及風險來源之了解，單純依賴一般目視檢測資料難以全面性地完成風險辨識工作，但綜合前置作業中蒐集的資料則可以達成，例如：災情資料有助於完整辨識潛在破壞模式或失效模式，經由對其原因的統計分析，可以了解引發失效模式的主要危害與風險因子，亦為風險可容忍或可接受標準之建立提供依據。

### 11.3.4 風險分析

風險分析包括機率分析與後果分析，其中，機率分析包括危害發生的機率，亦即潛勢，以及危害確實發生後引發橋梁功能失效的可能性，亦即脆弱度或易損性。後果分析則是估算橋梁功能失效後引發之人命、財物、環境與社會經濟等損失。

常用的定性與半定量風險分析(可包含風險辨識)方法包括：群體決策(Group Decision Making)理論(例如：名目群體技術(Nominal Group Technique)如德菲法(Delphi Technique)、焦點團體法、層級分析法(The Analytic Hierarchy Process, AHP)、模糊決策(Fuzzy Decision Making)理論、失效模式影響與關鍵性分析(Failure Modes, Effects and Criticality

Analysis, FMECA)、馬爾可夫分析(Markov Analysis)等。

定量風險分析，對於全面系統性的功能失效可採用事件樹分析(Event Tree Analysis)和失誤樹分析(Fault Tree Analysis)兩類方法，其中，危害發生機率可採用物理或統計模式推估，而風險因子發生之機率可採用專家判斷、統計推論、可靠度分析、模式求解等分析工具，根據工程師對系統特性與參數的瞭解程度，以及監控與量測數據之數量多寡來選擇。事件樹分析則依據條件機率理論(Conditional Probability Theory)，將危害和各種風險因子發生之機率加以組合後，可計算潛在破壞模式產生的機率；而失誤樹分析則應用集合理論(Set Theory)和布林代數(Boolean Algebra)的觀念計算。上述工具亦可用於分析單一危害下的脆弱度。後果分析可採用統計估算或物理模式計算，地理資訊系統可作為呈現災損後果之工具。

採用定性與半定量之風險分析方法，其風險尺度以關鍵性指標或矩陣表示；採用定量之風險分析方法，其風險尺度以期望值(Expected Value)和 F-N 圖表示。

### 11.3.5 風險評估

風險評估是將估算之風險尺度與風險標準進行比較，以了解風險是否可接受，因此，預先確定風險標準亦相當重要。風險標準之制定本身就需要風險評鑑相關步驟，需要依據過去工程案例累積的資料庫、歷史紀錄與專家經驗，最後，由業主與執法者綜合考量安全管理準則，以及社會、財政、法規和管理等情況後，訂定合適的風險標準。

將估算之風險尺度與風險標準(例如：可容忍、可接受或其他特定標準)進行比較，就可以了解風險可接受性，作為風險控制決策之依據。

### 11.3.6 風險控制

藉由風險評估之結果可以決定既有風險是否可以容忍，是否需要藉由營運操作維護程序、監測系統的強化、更詳細的缺陷調查、緊急

應變計畫或其他如保險等風險控制策略來接受(Retain)、避免(Avoid)、減輕或降低(Reduce)、轉移(Transfer)風險。風險不可容忍，則要採取迴避、減輕、轉移或接受等措施進行風險控制，讓風險限制於可接受或可容忍之範圍。針對可容忍之風險，要特別監控與追蹤，在可能情況下，基於合理可實行之最低原則(As Low As Reasonably Practicable, ALARP)或合理可達成之最低原則(As Low As Reasonably Achievable, ALARA)，規定管理責任，研擬接受(Retain)、避免(Avoid)、減輕或降低(Reduce)、轉移(Transfer)風險之對策，例如採取必要的監測、檢測活動儘量減小之。對於可接受之風險，則進行日常營運，並依風險事件排序，對相對較高之風險事件進行監控，並適時針對整各風險管理流程進行檢查、校正與改善，甚至尋找新的風險，重新評估與管控，以確保潛在風險完全得以控制，達到安全管理目的。

### 11.3.7 規劃建議

配合本研究所提出之橋檢有效實施以及與後續工作結合實施之建議，本計畫未來三年結合橋梁檢測之風險管理議題之工作內容如下。

#### 1. 第二期(101/1/1-101/12/31)

- (1) 國內、外橋梁風險辨識、破壞模式、性能指標等文獻蒐集與回顧
- (2) 建立風險管理應用於橋梁檢測與評估整合實施之方法
- (3) 橋梁風險辨識系統分析，辨識風險來源及相關潛勢影響因子
  - a. 超載
  - b. 地震
  - c. 沖刷
  - d. 土石流... 等
- (4) 依不同風險來源，辨識橋梁構件及橋梁之損傷或破壞模式

- (5) 依風險來源分類，辨識影響橋梁易損性之風險因子，建立與破壞模式之對應關係
- (6) 辨識橋梁損壞導致生命、經濟、環境、社會等損失之影響因子
- (7) 建議本土化風險指標及其影響因子
- (8) 建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險初步評量表

## **2. 第三期(102/1/1-102/12/31)**

- (1) 風險分析相關文獻回顧、橋梁損傷資料蒐集
- (2) 建立結合橋梁檢測之風險分析方法
- (3) 問卷調查
- (4) 結合問卷調查結果或其他研究成果(例如橋梁管理系統資料)，建立橋梁各風險來源對應之危害潛勢之分析方法
- (5) 建立結合橋檢結果之橋梁易損性分析方法
- (6) 結合專家意見與其他研究成果(例如 TELES)，建立橋梁損傷導致後果嚴重性之分析方法
- (7) 建立本土化橋梁各類風險指標或風險矩陣評估法
- (8) 建議本土化橋梁綜合風險指標計算方法
- (9) 召開專家座談會至少一場

## **3. 第四期(103/1/1-103/12/31)**

- (1) 風險評估與風險控管相關文獻蒐集與回顧
- (2) 建立風險評估程序與方法
- (3) 建立風險控管程序
- (4) 提出風險控管之措施

- (5) 建議其他決策應用之方法
- (6) 建議未來發展方向
- (7) 召開專家座談會至少一場

## **11.4 預期成果與效益**

### **11.4.1 計畫全程預期成果**

1. 國內橋檢作業現況、問題與困難點之彙整分析。
2. 國外橋檢作業特色之分析與借鏡。
3. 國內橋檢工作有效實施以及與後續其他工作結合實施之建議。
4. 建立基於風險管理之橋梁檢測與評估程序。
5. 系統性辨識橋梁風險來源、風險因子、損傷或破壞模式，建立其相關性。
6. 建立本土化橋梁風險評量表。
7. 結合專家意見與相關研究成果(例如橋梁管理系統)，分析橋梁破壞模式發生之可能性與嚴重性。
8. 建立本土化橋梁破壞模式風險矩陣、各風險指標及綜合風險指標。
9. 建立風險評估與風險控管之程序、方法與措施。
10. 建立橋檢結果應用於決策支援之方法。

### **11.4.2 效益與應用**

1. 技術面：與國際技術接軌，應用風險管理之概念，經由橋梁檢測掌握橋梁性能與風險。
2. 執行面：橋梁檢測結果與橋梁性能評估結合，讓管理單位更重視檢



測工作，同時掌握以易損性、後果與風險指標所反映之橋梁性能。

3. 經濟面：橋梁管理單位能有效確實掌握橋梁狀況與風險排序，在有限維護經費下達到最佳經濟效益，節省橋梁管理機關維護補強經費。
4. 社會面：橋梁管理單位了解風險來源與因子，以有效方式降低風險衝擊，確保橋梁安全，解除社會大眾之安全疑慮。



## 第十二章 結論與建議

臺灣橋梁面臨地震頻繁、老舊、每年颱風、豪雨及近年來河床嚴重下降、氣候變遷等問題，使得橋基裸露，橋梁易受沖刷而導致損壞橋梁材料腐蝕劣化，在人為使用方面，亦有車輛超載問題。因此，橋梁耐久性與安全性日益受到質疑與堪慮，「橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發」計畫進行國內、外橋梁檢測文獻蒐集，提出國外檢測值得國內借鏡之建議，探討分析國內目前橋梁檢測作業規定及其執行情形，提出檢測作業問題點及分析不同檢測人員結果之變異性，研提橋梁檢測有效施行之具體建議，召開「橋梁檢測評估」專家座談會，提出「橋梁檢測評估」與國內相關規範、資訊系統如何結合並有效施行之建議，另外在現行檢測制度、方式及項目下，提出橋梁安全風險評估之規劃建議。

### 12.1 國外橋檢作法借鏡之結論

國內可借鏡的內容如下：

1. 在人員編制的部分，美日都有相關的規定，以落實檢測工作分工，也對不同職位的人員，有不同的資格要求限制，以確保檢測品質與結果的正確。未來可以借鏡美國的資格認證制度。
2. 在檢測等級方面，美國的初始檢測與日本的初期檢測非常值得國內借鏡，可儘早建立橋梁基本資料與達到掌握原始狀況之目的。
3. 日本針對構件損傷評等有疑慮、損傷較嚴重或者發現對第三者有影響等，需立即召集包含監督員等(監督員、副監督員、主任助理監督員、助理監督員)多數人員召開會議，以進行損傷、變形狀況的判定，並決定對應的處置方法。此方式有利於發揮群體智慧。
4. 美國由構件(Element)損傷等級，匯集為部位(Component)損傷等級，再作為全橋能力評量依據，橋梁系統分層級拆解，應用於不同

橋型與材質彈性較大。

5. 美國橋梁能力評等將橋梁檢測、性能評估以及維管決策串接起來。
6. 依據前面文獻回顧內容，美國 2010 年新頒佈之第 1 版「AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual」<sup>[20]</sup>將以 NBE 替代既有 CoRe Element，針對影響結構承載與安全性的主要構件改用對應損傷模式的現況缺陷標誌(Defect Flag 或 Smart Flag)來說明，有如針對主要構件於 D.E.R.&U.法中納入 A.B.C.D.N.法之精神，並以多段式模式(Multi-Path Model)評估不同損傷程度對應之損傷範圍，可減小人為判定變異性。
7. 美國將風險管理、多目標最佳化模組納入新版的橋梁管理系統 Pontis。

## 12.2 國內橋檢主要問題點之結論

### 1. 作業規定與流程

- (1) 相關規定可以更完善、實用。
- (2) 人員資格標準與專業認證制度有待落實。

### 2. 評估方式

- (1) 「公路橋梁一般目視檢測手冊」與「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，D=1 定義不同。
- (2) 可能有評判或填寫不易之情形。
- (3) D.E.R.&U.法受檢測人員素質與主觀判斷影響，不同人員檢測結果具變異性。
- (4) A.B.C.D.N.精神納入 D.E.R.&U.評估方式有人認為適宜，有人也有意見認為工作量較大，在作業推行上恐有困難，希望統一為 D.E.R.&U.法。

- (5) 國內許多橋梁檢測相關圖書陳述之檢測標準不盡相同，缺乏統一的 coding guide 作為橋梁檢測評估依循準則。「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」已朝此方向努力，有待落實。
- (6) 單憑目視檢測結果難以準確反應橋梁性能，檢測結果之維管決策應用有限。

### 3. 檢測項目

- (1) 部分檢測項目均歸類於「其它」，難以分辨。
- (2) 檢測項目僅對橋梁本體評估，並無包括外部危害因素考量，橋梁仍有損傷風險。

### 4. 檢測表格

- (1) 會不會正確使用受使用者素質與經驗影響，仍會有誤填或混淆情形。
- (2) 評估表恐因改版造成資料不連續。
- (3) 初步評估表的格式也未統一。

### 5. 檢測等級

- (1) 竣工資料、初期橋檢資料可能缺乏。

### 6. 檢測時機

- (1) 定檢頻率可以更實際。

### 7. 檢測人力

- (1) 普遍不足。

### 8. 檢測經費

- (1) 一般橋檢費用無疑慮，進階檢查及改善費用有些不足且不穩定。
- (2) 中央考慮安全性的預算編制方式可能不滿足地方考慮發展性的預算需求。
- (3) 若委外辦理之經費不足，素質較高的顧問公司參與意願低，恐影響橋檢結果之正確性。

## 9. 辦理方式

- (1) 橋檢技術層次較高，自辦橋檢人力不足情況下，橋檢人員若又無資格限制，其正確性與品質恐受質疑，檢測結果恐不被認可。
- (2) 委辦若採價格標，且橋檢事務委外的工作內容無所依循，品質保障恐有疑慮。
- (3) 一縣多治或偏遠地方，橋梁檢測品質良莠不一。
- (4) 落實橋檢以及資料能否反應橋梁現況最重要，最大問題是資料不正確。

## 10. 儀器設備

- (1) 非破壞性檢測等需要使用電子儀器者對使用者要求較高。
- (2) 有時會遭遇現地施工機具不足或道路無法通行。
- (3) 若橋檢車過於老舊，或臨時替換之操作人員不熟悉操作，恐有使用故障。

## 12.3 橋梁檢測有效施行之具體建議

依據本研究報告內容彙整橋梁檢測之問題點，並參考各管理單位、實際橋檢人員、專家等之建議，借鏡國外作法之優點，提出國內橋檢工作有效實施之建議如下：

## 1. 制度面

- (1) 於相關手冊內提供檢測重點、圖示說明、判定標準，完善修復工法。目前已於運研所「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」研究成果中納入，有待實施。
- (2) 推行橋檢人員資格認證制度，以確保橋檢結果正確性。
- (3) 養護手冊中檢測等級增加初期檢測。國內可以考慮以下三種方式：1.驗收等同初始檢測通過，但該方式幾乎等同現行作法，難彰顯效益；2.驗收後必須進行初始檢測，惟可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會有責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障；3.因國內已要求至少5年內完成第一次橋梁檢測，相關資料亦會納入橋梁管理系統，以此資料作為初期檢測資料，但該方法三基於第一次定檢，對於早期發生的問題，恐不能儘早發現。橋梁管理單位可自行決定採用何種方式，但建議初始檢測愈早愈好。
- (4) 公路養護手冊對檢測頻率之訂定與國外一致，應為適當。各管理單位依需求自行調整時，仍以符合公路養護手冊之規定為準。
- (5) 配合未來技術發展，統一建立結合橋檢結果之初步評估表。
- (6) 參考交通部頒訂之「橋梁檢測契約範本」，建立橋檢事務委外之標準工作手冊。
- (7) 可同運研所「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」研究成果建議：統一「公路橋梁一般目視檢測手冊」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」有無損傷情形對應D值之定義與判定標準。

## 2. 管理面

- (1) 新建橋梁竣工時，由建造單位將竣工資料放入橋梁管理系統之基本資料中；配合上述初始檢測制度，須於橋梁管理系統中建

立初始資料，以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率、初始檢測等資料建立為原則。

- (2) 管理單位依需求自行調整檢測頻率時，農路或偏遠山區橋梁之定檢頻率可再檢討，但重要橋梁，例如省道或無替代路線之橋梁，以及健康狀況不佳的橋梁，定檢頻率不宜調降；若要提高定檢頻率，除了考慮橋梁損傷變化等需求以外，須考慮人力經費需求以及委外由專業人員辦理之可能性。未來，配合技術發展，可以依據橋梁風險高低來調整檢測頻率。
- (3) 國內目前在有限的經費與時程下，現場作業用的檢測表格以現行較簡便之目視檢測表較為可行，而損傷位置、圖片、較詳細的說明等資料可於橋梁管理系統面來儲存，可考慮前述數位檢測記錄。為此，可開發橋檢現場用之前端軟體，其資料庫可與橋梁管理系統進行資料交換。若有改版，需考慮資料延續性。
- (4) 適度增加橋檢人力；允許部分委外，特別是技術性較高的工作允許委外由有經驗之專業人員辦理。
- (5) 自辦橋檢工作共用機具者，除了統一管理、維護與調度以外，可考慮部分工作委外辦理，對於重要橋梁，應編列工作機具相關經費，並於現場目視檢測工作前進行工作機具查驗；機具或配備應有汰換機制，避免使用功能有疑慮之老舊橋檢車；非破壞性檢測相關儀器需由專業人員使用，相關工作可以委外辦理；檢測工具適時導入橋檢新科技，目前可針對狀況很差者考慮以數位檢測輔助，但不建議取代現行作法，未來配合資訊技術發展，軟硬體精進，全面性數位檢測可作為長期發展之方向。
- (6) 評鑑機制應能鼓勵橋檢人員去發現問題與解決問題，要避免評鑑造成負面影響，管理面應有配套措施，當發現需維修之橋梁或構件數目較多時，應編列足夠之改善經費。
- (7) 中央預算編制適度考慮地方發展需求，地方首長重視橋梁維



護；管理單位編列預備金或建立年度專業廠商之開口契約；採委外辦理者，依委外項目編列合理經費，盡量避免價格標。

- (8) 以嚴格的契約與嚴謹的查核來保障品質；橋檢工作除了適度委外由專業人員辦理以外，亦或可定期委辦橋梁總體檢，確實檢查橋梁狀況；交通部已有『臺灣地區橋梁管理資訊系統』橋梁資料查核計畫，對確保資料正確性有助益。
- (9) 在人力有限之情況下，確保橋檢人員資格素質；招標契約中明訂承包商檢測人員資格，特別是受訓時數及檢測經驗實績；另針對橋管單位之相關人員提供在職訓練，提升專業與技術能力。

### 3. 技術面

- (1) 檢測工具適時導入橋檢新科技。目前可針對狀況很差者考慮以數位檢測輔助，但不建議取代現行作法，未來配合資訊技術發展，軟硬體精進，全面性數位檢測可作為長期發展之方向。
- (2) 導入新科技，例如行動裝置搭配 RFID 或影音之應用，確保橋檢工作落實。
- (3) D.E.R.&U.法與 A.B.C.D.N.法之取捨或結合已長期受到關注，目前現況基本上以 D.E.R.&U.法或結合 A.B.C.D.N.法精神之 D.E.R.&U.法為主，以讓行之有年的橋檢工作與檢測資料有統一的基準，橋梁管理系統資料亦得以持續應用。惟因現行結合 A.B.C.D.N.法精神之 D.E.R.&U.法針對所有檢測項目，較多意見反映執行面較繁瑣，因此，本研究建議國內以 D.E.R.&U.法為基準，每一構件填寫 1 筆，僅針對少部份主要項目納入 A.B.C.D.N 法之精神，不致使工作量增加過大。依據檢測項目影響橋梁功能之權重以及橋梁管理系統統計之損傷比例，建議之主要項目包括：主構件(大梁)、橋墩墩體/帽梁、橋面版、橋

台、副構件(橫隔梁)。

- (4) 為減小檢測結果變異性，參考美國做法，對上述少部份主要項目，針對各損傷模式採用多段式(multi-path)評估方式。
- (5) 為強化 D.E.R.&U.檢測結果於橋梁維護管理決策中之應用，串接橋梁檢測與性能評估，了解影響橋梁功能之關鍵構件、關鍵風險來源、橋梁狀況與易損性以及損傷後果，便於掌握維護管理工作重點，本研究建議將風險評估原理應用於構件層級與橋梁層級。其中，風險評估應用於橋梁層級將於後續研究中陸續探討。風險評估原理應用於構件層級是由構件劣化損傷嚴重程度與範圍(D<sub>ij</sub>、E<sub>ij</sub> 值)，組合為構件功能失效之可能性(易損性)指標 P<sub>ij</sub>；以構件權重反應構件功能失效對橋梁功能之影響程度，作為後果指標 w<sub>i</sub><sup>\*</sup> 值；以構件 P<sub>i</sub> 與 w<sub>i</sub><sup>\*</sup> 之乘積=R<sub>i</sub><sup>\*</sup> 值代表構件損傷狀況影響橋梁功能之風險或關鍵性。其中，建立了由各構件 D<sub>ij</sub>、E<sub>ij</sub> 指標組合為構件功能失效可能性指標 P<sub>ij</sub> 之矩陣表；提出由 P<sub>ij</sub> 組合為檢測項目功能失效可能性指標 P<sub>i</sub> 之方式

$$P_i = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{ij})$$
。該方法有以下優點：

- a. 僅需依據 D、E，減少主觀性之影響程度。
- b. 有效反應構件損傷程度與範圍。
- c. 針對含多支構件之檢測項目，有效反映各支損傷程度與損傷支數之影響。
- d. 掌握影響某單一橋梁安全性與服務性之關鍵構件。
- e. 有效反映橋梁整體狀況。
- f. 可據此排出維護管理重點與優先順序。
- g. 容易納入既有橋梁管理系統：1) 國內橋梁檢測行之有年，相關檢測結果亦納入橋梁管理系統，針對整合性風險或耐

洪、耐震等單一風險，該方法可以應用既有橋檢資料。2) TBMS 系統面：增加新指標之方式，通過邏輯層處理，小修介面即可成功實施。

## 12.4 橋梁檢測與後續評估工作等結合實施之建議

配合橋梁檢測之實施，本研究提出串接橋梁檢測、橋梁性能初步評估、破壞與非破壞檢測以及詳細性能評估、維修補強、監測等後續工作之建議，其中，橋梁性能初步評估以風險為指標，更符合未來性能設計之發展方向。針對實施建議方法，橋梁管理資訊系統可經由修改「檢測資料模組」、增加決策支援模組之「風險管理模組」加以配合。

## 12.5 橋梁風險評估之規畫建議

本研究提出於橋梁層級與構件層級，應用風險評估原理，強化橋梁檢測結果之維管決策之應用，串接橋梁檢測與性能評估。其中，橋梁層級是以橋梁整體為標的，重點在於掌握風險來源對應之危害潛勢、曝露於風險來源之下橋梁功能失效之可能性(易損性)、橋梁功能失效後造成對國家社會如生命、經濟等衝擊之嚴重性(後果)，據以了解目前環境下橋梁現況影響國家社會之風險，包括某橋梁的關鍵風險來源或所考量風險對應之關鍵橋梁。而構件層級則是以組成橋梁的構件為標的，考慮各種風險來源對應之危害潛勢對於同一橋梁之各構件而言是相同的，所以，重點在於掌握構件功能失效之可能性(易損性)、構件功能失效後影響橋梁功能之嚴重性(後果)，據以了解構件損傷現況影響橋梁功能之風險，包括影響橋梁功能之關鍵性構件(檢測項目)等。而橋梁層級與構件層級之串接，是於橋梁功能失效之可能性(易損性)中納入構件狀況之影響。

本研究針對研究主題之長程目標，以風險管理之理論，規劃後續結合橋梁風險管理之年度工作方向。包括經由系統性的風險辨識，掌

握風險來源、因子、失效模式，建立橋梁風險評量表與指標；再經由風險分析，掌握各失效模式發生之可能性與嚴重性，並建立各破壞模式風險矩陣與性能指標計算之方式；最後，建立風險評估之程序與標準，提出風險控管之措施，以及其他決策應用之方法。本研究成果可以讓管理單位經由維護管理前端工作-檢測作業開始，確實掌握橋梁狀況與各項性能，了解可能風險，加強重點維護管理工作，有效控制橋梁災損風險，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。

## 參考文獻

1. Alberta Infrastructure and Transportation, Bridge Inspection Manual(BIM) Inspection Manual-Level 2, version 1, Edmonton, AB, Canada, 2004.
2. Alberta Infrastructure and Transportation , Bridge Inspection Manual(BIM) Inspection Manual, version 3, Edmonton, AB, Canada, 2005.
3. BRIME, Review of current practice for assessment of structural condition and classification of defects, Bridge Management in Europe, 1999.
4. FHWA, Bridge Inspector's Reference Manual, FHWA Report NHI 03-001, Federal Highway Administration, Washington,D.C., 2002.
5. German Federal Department of Transportation, Construction, and Housing, Guideline for the Structural Design and Equipment of Bridges for Monitoring, Inspection and Maintenance, Berlin, 1997.
6. Norwegian Public Roads Administration, Handbook for Bridge Inspections, Oslo, 2001.
7. Danish National Road Directorate, Inspection of Bridges, Copenhagen, Denmark, 1994.
8. AASHTO, Manual for Condition Evaluation of Bridges, 2nd ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1994, as amended by 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2008 and 2010 interim revisions.
9. AASHTO, Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2003.
10. Ontario Ministry of Transportation, Ontario Structure Inspection Manual (OSIM), Toronto, ON, Canada, 2000.

11. FHWA, Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges, Report FHWAPD-96-001, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1996.
12. Abteilung Strassenbau, Recording and Assessment of Damages, Preservation and Maintenance, Guideline RI-EBW-PRÜF, Strassenverkehr, Dortmund, Germany, 2004.
13. Abteilung Strassenbau, Structure Inventory, Strassenverkehr, Dortmund, Germany, 2004.
14. 中華人民共和國交通部，公路橋涵養護規範，2004。
15. 劉效堯、蔡鍵、劉暉，橋梁損傷診斷，人民交通出版社，2002。
16. 陳永銘、許阿明，臺灣與美國之橋梁檢測系統與制度，臺灣公路工程，第34卷第10期，民國97年10月。
17. TRB，NCHRP Synthesis 375 - Bridge Inspection Practices, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2007.
18. 李有豐、林安彥，橋梁檢測評估與補強，全華科技圖書股份有限公司，民國89年。
19. AASHTO, Guide for Commonly Recognized(CoRe) Structural Elements, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1997 with 2002 Interim's.
20. AASHTO, Bridge Element Inspection Guide Manual, 1st Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010.
21. 日本道路公團，道路構造物点檢要領(案)，2003。
22. 國土交通省，橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領(案)，2003。
23. 國土交通省，橋梁定期点檢要領(案)，2004。

24. 國土交通省「PCT 桁橋の間詰めコンクリート点検要領(案)」2003。
25. 交通技術標準規範公路類公路工程部，公路養護手冊，民國 92 年 3 月。
26. 臺灣鐵路管理局，橋梁檢查及評估手冊，民國 88 年 6 月。
27. 交通部，鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範，交通技術標準規範鐵路類工務部，民國 99 年 12 月。
28. 國立中央大學橋梁中心，橋梁目視檢測評估手冊(草案)之研擬，交通部運輸研究所，民國 99 年 12 月。
29. 交通部運輸研究所，臺灣地區橋梁管理資訊系統 (<http://bms.iot.gov.tw/bms2/>)，民國 100 年 7 月。
30. JCI committee, Inspection Technology of Concrete, Japan Concrete Institute, 03,(Vol.of fundamental), 2003.
31. Lin, J.M., and Sansalone, M., Impact-Echo Response of Hollow Cylindrical Concrete Structures Surrounded by Rock, Part II - Experimental studies, ASTM Geotechnical Testing Journal, Vol. 17, No. 2, June, pp. 220-226, 1994.
32. Bakht, B. and Jaeger, L.G., Bridge Testing - a Surprise Every Time, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.116, No.5, May, 1990.
33. Highway Agency, SETRA, TRL, LCPC, Post-Tensioned Concrete Bridges, Thomas Telford Publishing, London, 1999.
34. ASTM C 1383, Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and Thickness of Concrete Plates Using the Impact-Echo Method , Annual Book of ASTM Standards , Vol.04.02, 1998.
35. Florida Department of Transportation Central Structures Office, Test and Assessment of NDT Methods for Post-Tensioning Systems in Segmental Balanced Cantilever Concrete Bridges, State of Florida Department of Transportation, 2003.

36. Cheng, C. and Sansalone, M., Determining the Minimum Crack Width That Can Be Detected Using the Impact-Echo Method- Part II: Numerical Fracture Analyses, RILEM: Material and Structures, Vol. 28, pp. 125-132, 1995.
37. Lin, Y., and Su, W.C., Use of Stress Waves for Determining the Depth of Surface-Opening Cracks in Concrete Structures ACI Materials Journal, Vol. 93, No. 5, pp. 494-505, 1996.
38. Gupta, S., Itoh, Y., and Niwa, J.-I., An Objected-Oriented Diagnostic System for Prestressed Concrete Bridges, Microcomputers in Civil Engineering, vol. 9, 1994.
39. Brito, J.D., Branco, F.A., Ibañez, M., A Knowledge-Based Concrete Bridge Inspection System, Concrete International, Feb. 1994.
40. 徐耀賜，公路橋梁之養護與維修(V.1~V.3)，大學圖書供應社，民國85年。
41. 李有豐、謝尚賢、王隆昌、陳清泉、詹麒璋、鄭育祥、常斐春，建立橋梁檢測制度方法及準則之研究(公路與道路橋梁)，交通部運輸研究所，民國91年1月。
42. 溫國維，斜張橋目視檢測評估標準之建立，國立中央大學碩士論文，民國94年7月。
43. 廖家禎，拱橋與 $\pi$ 型橋目視檢測評估方法之研究，國立中央大學碩士論文，民國97年7月。
44. 陳冠伶，長橋目視檢測評估方法之研究，國立中央大學碩士論文，民國95年7月。
45. 國立中央大學，臺灣地區橋梁管理資訊系統橋梁資料查核計畫，交通部運研所，民國99年。
46. 楊振翰，臺灣地區橋梁維護管理現況與未來發展策略之研究，國立中央大學碩士論文，民國94年7月。



47. 交通部，公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範，交通技術標準規範公路類公路工程部，民國 97 年 12 月。
48. 國立中央大學，縣市政府老舊橋梁改善可行性評估，交通部運研所，民國 97 年 8 月。
49. 國立中央大學，橋梁重要程度等級之建立，交通部公路總局，民國 93 年 3 月。
50. 國立中央大學，都市計畫區內橋梁檢測、監測、維修及管理計畫，內政部營建署，民國 94 年 12 月。
51. 中國土木水利工程學會，橋梁檢測方法與應用，科技圖書，民國 99 年。
52. 張國鎮、蔡益超、宋裕祺、廖文義、柴駿甫、洪曉慧、劉光晏、吳弘明、戚樹人、陳彥豪，公路橋梁耐震評估及補強準則之研究，交通部公路總局，民國 98 年。
53. 國立臺灣科技大學生態與防災工程研究中心，跨河橋梁安全預警系統之建立研究及整合作業，交通部運研所，民國 99 年 12 月。
54. 中華顧問工程司，跨河橋梁安全預警系統之建立研究-訂定跨河橋梁橋基沖刷檢測作業規範(草案)之研究，交通部運研所，民國 100 年 6 月。
55. 財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心，公路橋梁地震早期損失評估之資料庫建制與模組開發之研究，交通部公路總局，民國 99 年 12 月。
56. 國立中央大學橋梁工程研究中心，非破壞性橋梁結構安全檢測專案-期中報告，臺灣省交通處公路局，民國 85 年 1 月。
57. 林主潔，非破壞性檢測之新技術及應用，臺灣營建研究院，民國 90 年。

58. 李有豐、林安彥，橋梁檢測評估與補強，全華科技圖書股份有限公司，民國 89 年。
59. 李有豐、蔡益超、張國鎮、宋裕祺、彭康瑜、劉光晏、羅馨宜，橋梁功能評估及方法建立(承載能力分析評估及耐震能力評估)，交通部臺灣區國道高速公路局，民國 93 年。
60. 薛強，地震工程性能設計法之應用(一)—單自由度橋柱及建築物之耐震性能評析與設計，財團法人中興工程顧問社專案研究報告 R-ST-02-06，民國 91 年 8 月。
61. 中興工程顧問公司，橋墩沖刷計算模式之建立研究，交通部運輸研究所，民國 98 年。
62. Melville, B.W., and Coleman, S.E., Bridge Scour, Water Resources Publications, 2000.
63. 蔡益超，橋梁耐洪能力評估，中華技術，2006 年 7 月。
64. 盧恭君、林裕家、羅俊雄，為結構物把脈·無線感應器佳-無線感應器於結構物健康、損壞識別與結構物控制之應用，中國土木水利工程學會會刊，34(3)，第 19-29 頁，民國 96 年。
65. 張國鎮、林詠彬、李政寬、陳俊仲、王柄雄、李路生，光纖與無線感測網路技術於結構之安全監測，第五屆公共工程非破壞檢測技術研討會，民國 96 年。
66. 楊國湘、鄧智豪，夾式位移計用於預力混凝土橋梁健康監測之研究，第五屆公共工程非破壞檢測技術研討會，民國 96 年。
67. 陳威廷，生命週期導向橋梁評估系統之研究，國立中央大學碩士論文，民國 93 年 7 月。
68. 黃榮堯、許鎧麟，橋梁生命週期成本評估方法與結構使用年限之建立，交通部科技顧問室，民國 93 年。

69. 許鎧麟、黃榮堯、林主潔、彭康瑜、羅天健、何鴻文、葉韓生、簡臣佑、陳屏甫、許文政，生命週期成本導向之橋梁設計研究(2/2)，交通部科技顧問室，民國 93 年。
70. 財團法人臺灣營建研究院，高速公路橋梁延壽評估及案例分析委託研究計畫，交通部臺灣區國道高速公路局，民國 93 年。
71. 國立中央大學，縣市政府老舊及受損橋梁整建計畫(二)-期末報告，交通部運輸研究所，民國 98 年。
72. 交通部運研所，RC 橋梁材料耐久性評估與殘餘壽命預測之研究，民國 99 年。
73. Sung, Y.C., Su, C.K., Tsai, I.C., and Chang, D.W., Optimal Strategy of Seismic Retrofitting for Deteriorated Reinforced Concrete Bridges, International Conference in Commemoration of the 10th Anniversary of the 1999 Chi-Chi Earthquake, Taiwan, September 17~21, 2009.
74. Bridge Management System, Pontis Software Update [http://www.ltrc.lsu.edu/ltrc\\_11/pdf/BMS%20Pontis%20Update.pdf](http://www.ltrc.lsu.edu/ltrc_11/pdf/BMS%20Pontis%20Update.pdf)
75. 交通部，臺灣地區橋梁管理資訊系統—公路總局使用者手冊，民國 97 年。
76. 林安彥，高速公路橋梁管理系統，土木工程技術，第 2 卷，第 2 期，第 97-110 頁，民國 87 年。
77. 工研院材料所，基隆港西岸高架橋檢測資料光碟系統操作手冊，臺灣省交通處基隆港務局，民國 84 年 12 月。
78. 工研院材料所，基隆港西岸高架橋管理資訊系統使用手冊，臺灣省交通處基隆港務局，民國 87 年 6 月。
79. 李有豐、謝尚賢、林永信，網路層級之橋梁管理系統開發與研究，土木技術，第 12 期，第 119-132 頁，民國 88 年。
80. 林永信，含非破壞性檢測模組之橋梁管理系統，碩士論文，國立臺

灣大學土木工程研究所，民國 87 年。

81. 陳瑞霖，公路鋼筋混凝土橋梁檢測評估系統初步研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 86 年。
82. 廖先格，橋梁目視檢測自動化系統之研究，國立中央大學營建管理研究所碩士論文，民國 94 年 7 月。
83. 王詠民，橋梁檢測評估專家系統之研究，國立臺灣工業技術學院營建工程技術研究所碩士論文，民國 86 年。
84. 柯天祥，知識庫專家系統於橋梁目視檢測之應用，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，民國 89 年。
85. 饒珉菘，PDA 無線模組應用於橋梁檢測之研究，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 91 年。
86. 延允中，橋梁維護管理機制、成效查核與經費編列探討-以公路總局為例，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，民國 93 年。
87. 交通部臺灣區國道高速公路局，高速公路養護手冊，民國 100 年 2 月。
88. 交通部臺灣區國道高速公路局，交通部臺灣區國道高速公路局橋梁檢測作業要點，民國 90 年 5 月。
89. 交通技術標準規範鐵路類工務部，1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範，民國 86 年 12 月。
90. Ang, A.H.S. and Tang, W.H., Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering, 2nd Edition, Wiley, John & Sons, ISBN 978-0-471-72064-5, 2007.
91. 行政院研究發展考核委員會，行政院所屬各機關風險管理及危機處理作業基準，民國 97 年。
92. 劉明怡、薛強，大壩風險評估程序之探討，中興工程，第 93 期，

pp.11-18，2006 年 10 月。

93. 交通部運輸研究所，99 年度橋梁維護管理訓練講習訓練教材，民國 99 年。

## 附錄一

# 橋梁維護管理作業評鑑方式



## 97 年度橋梁維護管理作業評鑑方式-交通部部屬機關

### 壹、橋梁管理系統使用情形(此項目總分 20 分)

#### 1. 橋梁管理系統中，橋梁基本資料之完整性 10 分

- ✓ 已填欄位/應填欄位×10。
- ✓ 非河川橋梁或無計畫堤防之河川橋梁，其計畫洪水位、堤防法線長度、計畫堤頂高程、計畫河床高程等欄位可填入『無』值。
- ✓ 非應填欄位規定如備註。
- ✓ 97 年度(含)之前完工新橋列入計算範圍，運研所會發送新橋清單請各單位確認並回報該清單，未於規定日期前回報清單者，則以原始清單之橋梁數量進行統計。

#### 2. 97 年度密碼更新次數 2 分

- ✓ 密碼更新次數：每半年更新 1 次得 1 分，超過仍以 1 分計。
- ✓ 密碼與帳號相同者不計分。

#### 3. 97 年度橋梁資料新增筆數 8 分

- ✓ 包含基本資料、檢測及維修資料。
- ✓ 新增筆數/(所轄橋梁數+跨河橋梁數)×8，超過 8 分者以 8 分計。

### 貳、橋梁維護管理作業(此項目總分 80 分)

#### 1. 工程處或局本部自評 12 分

#### 2. 橋梁維護管理業務承辦人 97 年度是否曾參加相關訓練或研討會 8 分



✓每人日 2 分，主辦單位不拘。

✓需填列姓名及所參加之相關訓練或研討會送運研所備查。

3. 檢測作業 30 分

✓97 年度已檢測橋梁數/97 年度應檢測橋梁數(或 97 年度已檢測橋面版面積/97 年度應檢測橋面版面積，擇其大者)×30，以 97.12.31 系統資料為準。

4. 維修作業 30 分

✓97 年度已維修構件數/97 年度應維修構件數×30，以 97.12.31 系統資料為準。

✓「應維修構件」定義為：該構件之  $D \geq 3$  且  $R \geq 3$  者。

✓應維修構件將以不含當年之前 3 年檢測紀錄為計算基礎，即 97 年評鑑係以 94.1.1~96.12.31 止檢測結果所得之應維修構件計算。

✓已維修構件定義：達到應維修標準之構件，於日常維修或定期維修紀錄中填寫該應維修構件之維修資料，且其維修日期於 94.1.1 之後，即認定該構件為已維修構件。

5. 交通部或運研所不定期抽查(扣分項) 上限 20 分

✓基本資料錯誤，每座橋扣 0.5 分。

✓檢測資料填寫不實，每座橋扣 0.5 分。

✓維修資料填寫不實，每座橋扣 0.5 分。

✓代管養橋梁未確實通報移轉，每座橋扣 0.5 分。

✓經檢測具「應維修構件」(定義同第 4 項)之橋梁，其檢測紀錄應附檢測相片，未檢附照片者每座橋扣 0.5 分。

✓「96 年度『臺灣地區橋梁管理資訊系統』資料檢核計畫」完整性檢核未達 100%之工務段，未於 97.5.31 前全數完成者，扣 5 分。

✓定期檢測資料中若有  $D \geq 3$  之檢測項目而無建議維修工法者每檢測項目扣 0.5 分。(例如 A 橋今年之定期檢測表中『8.磨擦層』之  $D=3$ 、S01 之『18.主構件』 $D=4$ ，其餘構件  $D$  均為 1，則在建議維修工法中至少要有 2 筆資料。)

✓其他經交通部或運研所認定之重大違失。

6.新版橋梁管理系統(含 PDA 版)使用測試(加分項) 上限 5 分

✓測試期間自新版系統教育訓練完成後至 97.12.31 止。

✓提出程式錯誤(bug)，或提出系統功能建議經採用者，每個錯誤或建議得 0.5 分。

✓應於新版系統中指定留言處提出，以為佐證。

✓所提出之錯誤或建議重複者，由最先提出者得分。

✓加分後之總分不得超過 100 分。



## 97 年度橋梁維護管理作業評鑑方式-縣市政府

### 壹、橋梁管理系統使用情形(此項目總分 32 分)

#### 1. 橋梁管理系統中，橋梁基本資料之完整性 20 分

- ✓ 已填欄位/應填欄位×20。
- ✓ 非河川橋梁或無計畫堤防之河川橋梁，計畫洪水位、堤防法線長度、計畫堤頂高程、計畫河床高程等欄位可填入『無』值。
- ✓ 依據「96 年度『臺灣地區橋梁管理資訊系統』資料檢核計畫」完整性檢核結果，應補登入系統之橋梁將納入計算。運研所會發送完整性檢核結果清單請各單位確認並回報該清單，未於 97 年 11 月 30 日前回報清單者，則以原始清單之橋梁數量進行統計。

#### 2. 97 年度密碼更新次數 2 分

- ✓ 密碼更新次數：每半年更新 1 次得 1 分，超過仍以 1 分計。
- ✓ 密碼與帳號相同者不計分。

#### 3. 97 年度橋梁資料新增筆數 10 分

- ✓ 包含基本資料、檢測及維修資料。
- ✓ 新增筆數/所轄橋梁數×10，超過 10 分者以 10 分計。

### 貳、橋梁維護管理作業(此項目總分 68 分)

#### 1. 內政部營建署綜評 8 分

#### 2. 橋梁維護管理業務承辦人 97 年度是否曾參加相關訓練或研討會 6 分

- ✓ 每人日 2 分，主辦單位不拘。

✓需填列姓名及所參加之相關訓練或研討會送運研所備查。

3. 檢測作業 26 分

✓97 年度已檢測橋梁數/97 年度應檢測橋梁數(或 97 年度已檢測橋面版面積/97 年度應檢測橋面版面積，擇其大者)×26，以 97.12.31 系統資料為準。

4. 維修作業 26 分

✓97 年度已維修橋梁數/97 年度應維修橋梁數×26，以 97.12.31 系統資料為準。

✓「應維修橋梁」定義為：檢測維修構件之  $D \geq 3$  且  $R \geq 3$  者。

✓應維修橋梁將以不含當年之前 3 年檢測紀錄為計算基礎，即 97 年評鑑係以 94.1.1~96.12.31 止檢測結果所得之應維修橋梁計算。

✓已維修橋梁定義：達到應維修標準之橋梁，於日常維修或定期維修紀錄中填寫任一該應維修構件之維修資料，且其維修日期於 94.1.1 之後，即認定該座橋為已維修橋梁。

5. 請提出府內(含鄉鎮市公所)97 年度橋梁維護管理實際執行經費總金額 2 分

✓單位為萬元。

✓檢測、維修、修建、改建均可，惟新建不得計入。

✓未提出或執行經費總金額為 0 者不給分。

6. 未回報「96 年度『臺灣地區橋梁管理資訊系統』資料檢核計畫」完整性檢核結果清查資料(扣分項) -2 分

✓未於 97.11.30 前回報扣 1 分。

✓回報資料不完整扣 1 分，未於 97.11.30 前回報者視為不完整。

7. 新版橋梁管理系統(含 PDA 版)使用測試 (加分項) 上限 5 分

- ✓測試期間自新版系統教育訓練完成後至 97.12.31 止。
- ✓提出程式錯誤(bug)，或提出系統功能建議經採用者，每個錯誤或建議(兩者皆應於新版系統中指定留言處提出，以為佐證)得 0.5 分。
- ✓所提出之錯誤或建議重複者，由最先提出者得分。
- ✓加分後之總分不得超過 100 分。

備註：

1. 本評鑑標的如下：交通部公路總局、高速公路局及縣市政府為 6 公尺(含)以上之正常使用中橋梁；交通部臺灣鐵路管理局則為 6 公尺(含)以上營運中之橋梁、箱涵、涵洞。
2. 基本資料運研所將洽工程會索取歷年新建橋梁發包決標資料進行比對，並據以計算應填欄位。
3. 所稱「應檢測橋梁」交通部屬機關以 1 年至少(含)檢測 1 次，縣市政府以 2 年檢測 1 次為基本頻率，若管理單位自訂檢測規則內有頻率規定或另訂有檢測計畫(不得超過 2 年)，則可從其規定，惟請先行知會運研所。
4. 交通部屬機關以工務段為最基層比較單位。
5. 交通部屬機關與縣市政府分別評鑑及排名。
6. 民國 90 以前完工橋梁，高速公路局及公路總局非應填欄位：竣工月、造價、合約編號、設計單位、施工單位、參考地標、最近一次維修年、最近一次維修月、備註、橋梁出水高、河川管理單位。
7. 民國 90 以前完工橋梁，臺鐵非應填欄位：竣工月、造價、合約編號、設計單位、施工單位、參考地標(2 欄)、每日通過噸數、最近一次維修年、最近一次維修月、備註、橋梁出水高、河川管理單位。
8. 民國 90 以前完工橋梁，縣市政府非應填欄位：竣工月、造價、合約編號、設計單位、施工單位、參考地標、最近一次維修年、最近一次維修月、竣工圖說保存地點、備註、橋梁出水高、河川管理單位。

9. 民國 90 以後完工橋梁，交通部屬機關與縣市政府非應填欄位：合約編號、參考地標、每日通過噸數(臺鐵)、最近一次維修年、最近一次維修月、備註、橋梁出水高、河川管理單位。

## 100 年度橋梁維護管理作業評鑑方式－縣市政府

### 壹、橋梁管理系統使用情形

#### 一、基本項目(總分 20 分)

##### 1. 橋梁管理系統中，橋梁基本資料之完整性 10 分

✓已填欄位/應填欄位×10。

✓非跨河橋梁，河川資料(跨越河川類別、河川管理單位、河川名稱、上游 500 公尺構造物、下游 500 公尺構造物、上游最近水位站、計畫洪水位、計畫河寬、計畫堤頂高程、計畫河床高程、設計橋梁出水高)不需填寫。

✓民國 90 年以後完工且有計畫堤防之河川橋梁，其計畫洪水位、堤防法線長度、計畫堤頂高程、計畫河床高程等欄位不可為『無』值。

##### 2. 100 年度橋梁資料新增筆數 2 分

✓包含基本資料、檢測(含定期檢測、特別檢測、巡查、河床斷面高程測量)及維修資料。

✓新增筆數/所轄橋梁數×10，超過 10 分者以 10 分計。

#### 二、加分項目(上限 15 分，加分後之總分不得超過 100 分)

##### 1. 將河川橋之現地量測資料(含橋墩/台最低支承底部高程、橋墩/台基礎頂部高程、基礎深度(公尺)、河床/地面高程)登入橋梁管理資訊系統(加分項) 上限 10 分

✓100 年度登入者始得計分。

✓必須完整登入始得加分，即同一橋梁須『所有橋墩/台最低支承底部高程』、『所有橋墩/台基礎頂部高程』、『所有橋墩基礎深度』或『所有河床斷面高程測量』完整輸入。



✓1 座橋加 1 分。

2. 新增（補正）尚未登入系統之橋梁 上限 5 分

✓100 年度新增（補正）者始得計分。

✓1 座橋加 0.5 分。

貳、橋梁維護管理作業(此項目總分 65 分)

1. 橋梁維護管理業務承辦人 100 年度是否曾參加相關訓練或研討會 6 分

✓每人日 2 分，主辦單位不拘。

✓需填列姓名及所參加之相關訓練或研討會送運研所備查。

2. 檢測作業 25 分

✓100 年度已檢測橋梁數/100 年度應檢測橋梁數（或 100 年度已檢測橋面版面積/100 年度應檢測橋面版面積，擇其大者）×25，以 100.12.31 系統資料為準。

3. 維修作業 30 分

✓100 年度已維修橋梁數/100 年度應維修橋梁數，以 100.12.31 系統資料為準。

- 維修比率在 1%~20%，5 分
- 維修比率在 21%~40%，10 分
- 維修比率在 41%~60%，15 分
- 維修比率在 61%~80%，20 分
- 維修比率在 81%以上，25 分

✓「應維修橋梁」定義為：檢測維修構件之  $D \geq 3$  且  $R \geq 3$  者。

✓應維修橋梁將以不含當年之前 3 年檢測紀錄為計算基礎，即 100 年評鑑係以 97.1.1~99.12.31 止檢測結果所得之應維修橋梁計算。

- ✓已維修橋梁定義：達到應維修標準之橋梁，於日常維修或定期維修紀錄中填寫任一構件之維修資料，且其維修開工日期於 97.1.1 之後，即認定該座橋為已維修橋梁。

4. 府內（含鄉鎮市公所）100 年度橋梁維護管理實際執行經費總金額  
4 分

- ✓單位為萬元。
- ✓檢測、維修、修建、改建均可，惟新建不得計入。
- ✓未提出或執行經費總金額為 0 者不給分。
- ✓中央政府補助款及府內自籌款請分別列出，未分別列出者扣 2 分。
- ✓參、專家學者綜合評分(此項目總分 15 分)
- ✓由運研所邀請專家學者依據各縣市政府之管轄橋數、投入經費、橋梁維護管理作為（含特別檢測次數）、自辦相關訓練講習及實際成效等，綜合評分。

備註：

1. 本評鑑標的為 6 公尺（含）以上之正常使用中橋梁，即使用狀態為『正常使用』及設施種類為『橋梁』。
2. 所稱「跨河橋梁」不含跨大排、排水溝之橋梁。
3. 所稱「應檢測橋梁」縣市政府以 2 年檢測 1 次為基本頻率，橋梁跨徑超過 150 公尺或特殊類型橋梁，如斜張橋、 $\pi$  型橋或鋼拱橋等，每年應檢測 1 次，若管理單位自訂檢測規則內有頻率規定或另訂有檢測計畫（頻率不得超過 2 年），則可從其規定，惟請先行知會運研所。
4. 民國 90 以前完工橋梁，縣市政府非應填欄位：竣工月、最近一次維修年、最近一次維修月、造價、合約編號、起始橋墩編號 P、交流/匝道、匝道編號、設計單位、監造單位、施工單位、竣工圖說保存地點、參考地標、特殊結構資料\*、年平均每日交通量、備註。

5. 民國 90 以後完工橋梁，縣市政府非應填欄位：最近一次維修年、最近一次維修月、合約編號、起始橋墩編號 P、交流/匝道、匝道編號、參考地標、特殊結構資料\*、年平均每日交通量、備註。

\*橋塔材質、橋塔型式、主纜索型式、吊索型式、吊索佈置型式、索面系統型式、索面佈置型式、拱上結構形式、橋面版位置、拱圈材質、橫桿材質、吊材材質、立柱材質、鋼纜型式、錨定裝置

附錄二  
訪談記錄表



## 附二-1 公路總局

1. 受談單位：公路總局養路組道路工程科
2. 受談人員：翟慰宗、延允中
3. 訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	1.公路養護手冊 2.公路橋梁安全檢查手冊
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	公路總局橋梁檢測主要由各養工處的工務段自行辦理。程序與研究團隊歸納的標準作業程序基本相符，因人力有限，且工程師本身掌握了相關圖說與資料，主要執行程序包括： 1.攜帶檢測工具與D.E.R.&U.檢測表。 2.現場執行目視檢測。 3.橋梁有問題或損傷處，拍照記錄。 (后豐大橋斷落事件後，公路總局要求檢測人員對 $D \geq 3$ 的元件需拍照+文字詳實說明) 4.檢測資料登錄橋梁管理系統。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	依循公路養護手冊及實情需求調整，遵循無困難。
		有何困難或問題?	專業複雜度、技術性高的部分，判定缺失原因有時會有困難。
		對此項目相關意見或建議?	1.作業規定未來可以更實務，例如：因人力有限，且各工務段工程師均是兼任辦理橋梁檢測，目前檢測頻率依「公路橋梁安全檢查手冊」(每年1次)偏高，已偏向修正與「公路養護手冊」相同(每2年1次)。 2.人力不足或技術性高判定缺失原因有困難時(如特殊橋梁或嚴重情況者)，可以允許藉助專業工程顧問公司或研究單位辦理檢測及評估。 3.對橋梁進行分類(如重要性橋梁與一般橋梁)，提供各類橋梁檢測重點。 4.評鑑機制要能鼓勵橋檢人員去發現問題與解決問題。目前公路總局目前對各工務段工作績效，係依據各工務段的橋梁檢測資料，及提績效，係依據各工務段的橋梁檢測資料，

項目	類別	問題	回應內容
			及提報受損需維護橋梁的數量與經費進行稽核評鑑，即工務段轄區內的橋梁健康狀況愈好，問題愈少者，公路總局對該工務段績效評分較高。如此作法，對認真落實橋梁檢測的工程師，發現的問題越多，反而會得到很低的評等，不利於工程師去發現問題與解決問題。
評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U.或A.B.C.D.N.)?	大部分採 D.E.R.&U.；鋼橋構件劣化有納入 A.B.C.D.N 之精神。
	問題與困難點	您認為何種評估方式較適宜？	兩者其實均可，應著重於檢測評估的「正確性」與「真實性」，但 D.E.R.&U. 已行之有年，較被廣泛接受。
		檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保？	以自辦為主，少量特殊情況採委辦。自辦檢測沒有查核機制；委辦者透過內部三級抽查品管，以確保委辦檢測之正確性。
		對此項目相關意見或建議？	1.橋檢是否落實以及資料能否正確反應橋梁現況最重要，最大問題是資料不正確。一般 D.E.R.&U. 被詬病無法表示橋梁構件的劣化情形，主要是檢測人員並沒有把橋梁構件的劣化情形加註在 D.E.R.&U. 檢測表的附註欄，若檢測人員能在附註欄加上詳細註解，D.E.R.&U. 評估結果應能表示出橋梁構件的劣化情形。 2.建議對於 $D \geq 3$ 且 $R \geq 3$ 需維修之構件，要詳細說明劣化情形、位置以及提供照片。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些？	即 D.E.R.&U. 表中內的 21 項目，含(1)引道路堤、(2)引道護欄、(3)河道、(4)引道護坡-保護措施、(5)橋台基礎、(6)橋台、(7)翼牆/擋土牆、(8)摩擦層、(9)橋面排水設施、(10)緣石及人行道、(11)欄杆及護牆、(12)橋墩保護設施、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(16)止震塊/拉桿、(17)伸縮縫、(18)主構件(大梁)、(19)副構件(橫隔梁)、(20)橋面版/鉸接版與(21)其他。特殊橋梁(如拱橋)，在橋梁管理系統中，上部結構的部分會有不同的元件部分區分及表示。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	關鍵項目為何?	D.E.R.&U.表中的 21 個項目主要可區分為「安全性」與「服務性」兩大類，對各種功能之反映，目前是透過不同的指標(如 CI 指標、PI 指標等)，給予各項目不同權重以張顯其重要性或影響性。
		檢測項目數量、名稱、內容是否適切? 是否需要增或刪?	以目視檢測而言，21 個項目已足夠。
		檢測項目有無疑慮?(有無特別需求)	無。
		對此項目相關意見或建議?	1.建議列出檢查項目之重要性權重，以做為檢測重點項目之依據，令檢測員於檢測實行時，能更加重視與留意，如跨河橋考慮沖刷的檢測重點項目、一般路橋的檢測重點項目等。 2.98 年製訂的鋼結構檢測手冊，對構件劣化目依損傷模式(如白華、裂縫)再予細分，太過複雜，實務上難以實行。理應在檢測員看見構件時，綜合所有情況直接評分較為便利。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼?	D.E.R.&U.表。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎?	沒有。不同的橋型、材料係透過橋梁基本資料說明表示。
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分? 為什麼?	無意見，使用依據橋梁管理系統。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便? 或使用上有什麼樣的問題?	無意見。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況?	1.檢測表格若彙整成橋梁指標(如 CI 指標、PI 指標等)等，橋梁健康狀況會被眾多項目的權重所稀釋，目前橋梁指標主要是運研所做為橋梁維護經費順序評選之指標。 2.實際上，公路總局採取的標準是橋梁構件只要 $D \geq 3$ 且 $R \geq 3$ ，即視構件有問題，並採取維修補強動作。



項目	類別	問題	回應內容
		對此項目相關意見或建議？	1.D.E.R.&U.檢測表格若依橋型(一般、特殊)、材料(RC、鋼構)區分格式，較能將不同橋梁特性表現出來。 2.建議 D.E.R.&U.檢測表格上的附註說明要「詳細確實」，以達到檢測人員執行橋梁檢測能真正發現橋梁問題之目的。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	經常巡檢、定期檢測及特別檢測。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	目前3種等級恰當。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	經常巡檢：道路路面、橋梁、邊坡、號誌、景觀等表面檢視，採用車行快速檢視，檢測較方便，檢測項目較少。 定期檢測：需下車搭配檢測工具進行橋梁全面性的安全檢查，檢測項目多。 特別檢測：汛期後或強震後，各工務段派員檢視。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	三種等級之目的與重點不同，落實執行可達成橋梁檢測目的，即早期發現橋梁健康問題。
		對此項目相關意見或建議？	若能依重要性進行橋梁「分級」，公路總局則可對重要性橋梁，委請專業廠商進行檢測。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	經常巡檢：一般公路1週1次，另有定期巡查，平均2~4個月1次。 定期檢測：每座橋目前1年1次，未來改採2年1次。 特別檢測：汛期後或強震後，或定檢後發現問題者。
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	檢測頻率受人力情況所影響，每座橋2年1次執行定期檢測尚恰當。
		對此項目相關意見或建議？	人力不足的情況，太過於頻繁的檢測會難以實行。

項目	類別	問題	回應內容
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	公路總局及各工務段橋檢工程師均為兼任，還要負責道路工程、鋪面工程等事務，並無依檢測等級區分。
		負責管理的橋梁數量有多少？	約 3844 座(省縣道橋梁)。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	目前每年所有橋梁需全面檢測一次。
		執行檢測人數有多少？	由各工務段工程師管轄及執行檢測。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	嚴重不足。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	學歷並未限制，但經由評鑑制度鼓勵，例如：橋梁檢測經歷愈豐富，會予以加分。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	並未限制，但經由評鑑制度鼓勵，例如：受訓愈多、橋梁檢測年資愈高者予以加分。
		對此項目相關意見或建議？	1.橋梁檢測只是養護工程師執行巡查項目(如道路、鋪面、號誌、景觀、橋梁...等)的一小部分，但橋梁的問題(如沖刷、大梁受損)相對於道路及鋪面等其它的問題，其技術性偏高，致使養護及修復問題的處理不容易，有時並非工務段工程師能夠辨識或解決，建議適當委外，分級處理。 2.適當補充人力，橋檢工程師需要教育輔導，以落實辦理橋梁檢測工作，及詳實記載橋梁健康狀況。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	公路總局視橋檢為業內工作。目前公路總局橋梁檢測以各工務段工程師兼辦執行為主，僅支付工程師出差費用。
	問題與困難點	檢測經費是否足夠？	尚足夠，目前公路總局將橋梁檢測工作由工務段工程師兼辦執行，並未有檢測經費不足的問題。
		若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	若為急迫性橋梁者，會馬上找專家判定，並立即提撥專案費用處理。若非急迫性橋梁者，但具重要性的受損橋梁，則採專案簽呈申請明年度的預算處理。

項目	類別	問題	回應內容
		對此項目相關意見或建議？	1.在橋梁檢測費用的部分，公路總局管轄橋梁數量眾多，人力有限的情況下，部分橋梁檢測宜採委辦方式辦理，或是遇到特殊情況，也需委請專業單位判讀，以確保檢測的完整性，如此的話，就會有編列檢測經費的需求。 2.在橋梁養護費用的部分，針對重要橋梁定檢人力不足時，或有立即性危險時，編預算報局審核，由「一般橋梁養護費用」及「重點橋梁養護費用」支應，專案辦理。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	公路總局目前以自辦為主，經常巡查以車行方式執行觀察檢測。若採委辦者，不同意價格標，會先行調查市場行情，採固定價格決標(勞務委託不採價格標)。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	自辦受制於人力不足。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	落實辦理，詳實記錄，應無問題。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	以人力擴充、適當委外、配合嚴謹查核(現場抽查、三級品管)與紀錄來確保檢測結果
		對此項目相關意見或建議？	未來對具專業性問題或特殊性橋梁，宜朝向適當委外辦理較為合宜。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	工務段工程師執行巡查時，一般以望遠鏡、榔頭、相機及檢測報告表為主。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	目前足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	橋梁部分位置，受望遠鏡倍率限制會影響判讀結果，通常需配合橋梁檢測車執行；抑或是現場進行拍照，再回工務段辦公室利用電腦放照片判讀。
		對此項目相關意見或建議？	無。

項目	類別	問題	回應內容
後續維管問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.只要橋梁構件 <math>D \geq 3</math> 且 <math>R \geq 3</math>，即視構件有問題，作為構件維修補強判讀標準。</li> <li>2.利用受損橋梁一覽表，在汛期前提報修復工法與預算，並於汛期間修復完畢；在汛期後對橋梁下部結構等 6 項構件進行特殊檢查。</li> <li>3.各工務段彙整轄區橋梁檢測資料，作為公路總局對各工務段績效的稽核評比依據。</li> </ol>
	問題與困難點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	視急迫性狀況辦理。急迫性者，委請專家審查，並立即提撥經費修復；非急迫性者，但具重要性的受損橋梁，則採專案簽呈申請明年度的預算處理。
		對此項目相關意見或建議？	無。

## 附二-2 高公局

受談單位：高公局中區工程處

受談人員：饒書安等

訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	交通部臺灣區國道高速公路局橋梁檢測作業要點(民國 99 年 1 月修訂)
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	為落實高速公路之橋梁檢測、評估、維修與補強工作，依據橋梁檢測作業要點，於每年年初委託橋梁專業檢測廠商辦理橋梁檢測工作，俾確實掌握橋梁現況，早期發現構件劣化及研析劣化原因，適時辦理維修與補強，以維持橋梁安全。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	目前執行情況，尚屬容易依循。
		有何困難或問題?	無。
		對此項目相關意見或建議?	無。
評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?	目前採用 D.E.R.&U.評估方式。
	問題與困難點	您認為何種評估方式較適宜?	目前採用之方式要為適用 D.E.R.&U.。
		檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	辦理經常性綜合觀摩(簡報會議)，邀集相關單位及承包商參與及參加不定期外單位辦理之教育訓練。
		對此項目相關意見或建議?	建議運研所可每年定期辦理相關橋梁檢測教育訓練，讓全國橋梁檢測廠商受訓，俾利檢測標準一致。

項目	類別	問題	回應內容
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些？	(1)橋墩保護設施(2)橋墩基礎(3)橋墩墩體(4)支承墊(5)止震塊及防震拉桿(6)伸縮縫(7)主構件(大梁)(8)副構件(橫隔梁)(9)橋面版或鉸接版(10)引道路堤(11)引道護欄(12)河道(13)引道路堤之保護設施(14)橋台基礎(15)橋台(16)翼牆或擋土牆(17)摩擦層(18)排水設施(19)緣石及人行道(20)護欄(21)及其他。
		關鍵項目為何？	影響強梁結構安全的項目均為重點。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切？是否需要增或刪？	目前尚屬合宜，無需增刪。
		檢測項目有無疑慮？(有無特別需求)	無。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？	橋梁檢測 D.E.R.&U.評估表。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？	未依橋型區分、材料依 R.C 及鋼構區分
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	依橋型、材料進行區分，可針對不同橋梁列出適當檢測項目。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	檢測表格使用上尚屬方便，唯檢測表格未區分半年檢測及定期檢測項目「未檢測與無法檢測項目因無區分(均以 0 填寫)，造成判讀誤解」。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	能明確反映橋梁健康狀況。
		對此項目相關意見或建議？	建議未檢測項目以#或*代替，以區分無法檢測或無此項目之 0 代號。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	定期檢測、半年檢測、日檢測、特別檢測。
		問題與困難	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？
	問題與困難	各檢測等級需求及差異是什麼？	各檢測等級針對不同檢測項目進行檢測，可於一般或特殊情況下呈現重點檢測項目。

項目	類別	問題	回應內容
	點	以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	日檢測，可於平時檢測適時發現異常狀況。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	檢測分為日檢測、半年檢測、全年檢測 頻率為日檢測：每日檢測；半年檢測：每年度的1月~4月；全年檢測：年度。
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	檢測時機可再增加時段。
		對此項目相關意見或建議？	是否可以增加季檢測，檢測時間為每年度的2-5月、5-8月、8-11月、11-1月。
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責/兼任？依檢測等級區分)	委託專業顧問公司進行檢測，內有專任技師進行橋梁損壞維修判斷，受過專業檢測人員進行日檢測及全年度檢測。
		負責管理的橋梁數量有多少？	高公局中工處共計768座
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	針對橋梁進行本段768座橋梁檢測。
		執行檢測人數有多少？	工程處3人，工務段8人，顧問公司20人；共計31人。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	稍嫌不足。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	土木相關科系專科以上學歷。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	皆有經過專業橋梁檢測訓練。
		對此項目相關意見或建議？	可否增加檢測人力(如半年檢測及全年檢測採3人一組進行檢測)。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	檢測經費來源為年度養護經費，有穩定之預算。
	問題	檢測經費是否足夠？	檢測經費約略不足。

項目	類別	問題	回應內容
	題與困難點	若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	如需進一步進行詳細檢測評估，有經費不足之問題。
		對此項目相關意見或建議？	1.建議是否編列預備金支應。 2.建議建立適當年度之第一階段資格標廠商名單，於需要時辦理議價或比價，或年度專業規模廠商之開口契約，以於年度內縮短完成期程或辦理緊急工作或工程。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	檢測辦理方式為委託技術服務廠商辦理。 若辦理自辦養護巡查，採用步行與車行並用方式辦理。 委辦方式採用公開招標(價格標最低標)。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	1.工作填報項目數量繁雜，跨各專業技術名詞及工作填報項目定義缺乏或未統一明確。 2.緊急或特別檢測人力、儀器及車具尚嫌不足，於要求時間內或執行上略為勉強。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	檢測辦理方式尚能掌握橋梁健康狀況，但橋梁檢測技術科技逐步發展，仍需要適時導入新科技技術。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	採用抽查、簡報審查會議及驗收查驗方式辦理。
		對此項目相關意見或建議？	建議研訂橋梁檢測標準專案工作手冊(含實施計劃期程、人力分配，自主檢查、預定成果項目、評估報告、各項格式範例，及作業電子檔案)，便委辦廠商參照辦理。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	清潔工具：鋼刷、刮刀、鏟子。 檢測工具：小刀、敲擊榔頭。 協助工具：望遠鏡、手電筒、橋梁檢測車。 量測工具：捲尺、裂縫量測尺。 其它：文件紀錄工具、照相機、粉筆。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	目視檢測原意在於，僅針對劣化部份加以評估，對於優良構件不需評估，如此可簡化檢測工作，使問題一目了然。故委外公司檢測人員專業素質極為重要，經常影響檢測準確度。



項目	類別	問題	回應內容
		對此項目相關意見或建議？	1.建議於招標時，明訂承包商檢測人員資格及檢測經驗、實績。 2.針對高公局橋梁養護工程司進行在職訓練，提升專業與技術，以判定承商檢測之正確性。
後續 維管 問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	依目視檢測評估結果，針對較嚴重具急迫性如U=3 或 4，則由年度橋梁維護工程既有工項儘速辦理，若無則另案發包辦理維修。
	問題 與 困難 點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	依目視檢測評估結果，針對較嚴重具急迫性如U=3 或 4，則由年度橋梁維護工程既有工項儘速辦理，若無則另案發包辦理維修。
		對此項目相關意見或建議？	無。

### 附二-3 高公局

受談單位：高公局中壢工務段

受談人員：廖偉勝

訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	橋梁檢測作業要點。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	橋梁檢測作業要點。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	是。
		有何困難或問題?	無。
		對此項目相關意見或建議?	無。
評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U.或A.B.C.D.N.)?	D.E.R.&U。
	問題與困難點	您認為何種評估方式較適宜?	D.E.R.&U。
	問題與困難點	檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	委辦。
	問題與困難點	對此項目相關意見或建議?	無。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些?	經常檢測、定期檢測、及臨時檢測。
		關鍵項目為何?	經常檢測。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切? 是否需要增或刪?	是，無須增減。
		檢測項目有無疑慮?(有無特別需求)	無。
		對此項目相關意見或建議?	無。
檢測表	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼?	D.E.R.&U。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎?	無。

項目	類別	問題	回應內容
格	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	統一表格方式。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	無。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	是。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測等級	執行情形與困難點	檢測等級區分情形為何？	委辦或本段平日檢測。
		檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	是。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	依規定。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	定期檢測。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測時機	執行情形與困難點	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	地震及颱風過後辦理臨時檢測。
		檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	有接檢測無法判斷走山跡象。
		對此項目相關意見或建議？	委辦。
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	專責。
		負責管理的橋梁數量有多少？	112座。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	224座。
		執行檢測人數有多少？	2至3人。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	有委外人力。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	大專土木本科系。

項目	類別	問題	回應內容
		檢測人力是否有資格與認證限制？	6個月以上檢測實務、橋梁檢測相關訓練。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	是。
	問題與困難點	檢測經費是否足夠？	是。
		若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	無。
		對此項目相關意見或建議？	無。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	委辦、步行、價格標。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	無。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	是。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	期中、期末報告前現場查核並辦理審查會議。
		對此項目相關意見或建議？	無。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	高空作業車。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	廠商檢測素質不一。
		對此項目相關意見或建議？	無。
後續維管	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	作為例行維修參考。

項目	類別	問題	回應內容
問題	問題與難點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	請檢測公司評估修補方式之建議。
		對此項目相關意見或建議？	無。

## 附二-4 交通部運輸研究所

受談單位：交通部運輸研究所

受談人員：巫柏蕙

訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	1.交通部運輸研究所(以下簡稱「運研所」)辦理橋梁維護管理作業評鑑時,曾因希望各橋梁管理單位研擬相關手冊(需包含養護經費比例、評估方式說明等等)作為作業執行依據,而將是否訂定相關規章納入評分考量。 2.運研所於民國 99 年研擬「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」,係以高速公路局制訂之「公路橋梁一般目視檢測手冊」(僅適用混凝土橋)為基礎,除重新檢討內容、增補相關圖像外,並考量納入特殊橋梁、軌道橋梁構件之評估項目、準則,以擴大並確認手冊之適用範圍,期能成為國內車行橋梁進行目視檢測評估時之統一標準。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	程序與研究團隊歸納的標準作業程序基本相符,但「橋涵構件的空白簡圖繪製」步驟,據悉一般應無繪製。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	基本上遵循並無困難。
		有何困難或問題?	無意見。
		對此項目相關意見或建議?	無意見。
	評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?
問題與		您認為何種評估方式較適宜?	以滿足短時間內完成大量橋梁初步檢測評估之需求,記錄方式精簡快速的 D.E.R.&U. 目視檢測評估法較佳。

項目	類別	問題	回應內容
	困難點	檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	應由各橋梁管理單位制訂稽核機制。以高速公路局為例，定檢與特別檢測均採用委辦方式，對檢測結果依一定比例抽查複查，若查核某筆資料有誤，會要求廠商對該筆資料及該筆資料前後一定範圍內的資料重新檢測及確認。
		對此項目相關意見或建議?	無意見。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些?	即 D.E.R.&U.表中內的 21 項目，主要項目差異不大，但特殊橋梁在部分項目會變更為特殊橋梁的特有項目。
		關鍵項目為何?	無意見。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切? 是否需要增或刪?	橋梁檢測及橋梁管理系統，著重於記錄橋梁「安全性」資訊，以此目的而言，因應各類型制定的項目是適當的。
		檢測項目有無疑慮?(有無特別需求)	無意見。
		對此項目相關意見或建議?	無意見。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼?	D.E.R.&U.表。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎?	不同類型的橋梁均用 D.E.R.&U.表，項目相似，但會因各類型橋梁的不同而調整，特殊橋梁(如斜張橋、拱橋等)在評估橋梁指標時，各特殊項目權重也有所調整。
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分? 為什麼?	無意見。
檢測表格(純文字)使用上是否方便? 或使用上有什麼樣的問題?		對經驗不足的檢測人員，可能會有依表格文字卻無法了解需要檢測位置的情形，這應可透過制度面(如建立含圖像之檢測手冊)之建立改善之。	

項目	類別	問題	回應內容
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	正常情況下，可明確反映橋梁健康狀況。
		對此項目相關意見或建議？	橋梁目視檢測表格中含有附註欄位，可利用該欄位詳細補充橋梁構件損傷情形。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	一般應是區分為經常巡查、定期檢測與特別檢測。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	無意見。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	1.經常巡查重點在用路人的舒適性，查看項目多為非結構元件，以快速巡視方式為主。 2.定期檢測重點在橋梁結構安全性，查看項目較完整詳細。 3.特別檢測主要是在颱風發生前、後及強震後，對有安全疑慮之橋梁進行勘查。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	應是以安全性為主的定期檢測最為關鍵。
		對此項目相關意見或建議？	無意見。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國 3 走山事件發生之機率)	目前國內交通部屬的橋梁管理單位，平均 1 年 1 次。縣市政府單位，平均 2 年 1 次。
	問題	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國 3 走山事件發生之機率)	不確定因素太多，無法確定，無法回答。



項目	類別	問題	回應內容
	與困難點	對此項目相關意見或建議？	<p>1.目前檢測頻率係參考美國橋梁檢測頻率規定，若各單位要調整其檢測頻率，最好需有強力的依據支持，否則當調整檢測頻率(尤其是延長檢測間隔時間)，又不幸在該期間橋梁遭受損害，易引起爭議及檢調單位關切。</p> <p>2.影響橋梁安全性的因素多(如車輛超載、河道變化等)且不確定性非常大，要預測未來的橋梁狀況難度很高，因此欲對每座橋梁制訂個別的檢測頻率，不僅縣市政府沒有能力訂定，中央主管機關也沒有能力核定。</p>
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	依各橋梁管理機關而不同，大多是兼任辦理。
		負責管理的橋梁數量有多少？	依各橋梁管理機關而不同。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	依各橋梁管理機關而不同。
		執行檢測人數有多少？	公路總局、鐵路局與高速公路局每個工務段一般都是由1位工程師管理橋梁事務。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	人力應是普遍不足。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	無法回答。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	交通部曾研擬以土木背景替代役男作為地方政府橋梁檢測人力之補充來源，試行後發現，由於交通部無法挑選替代役男背景，而分配到的替代役男多數不為土木背景，對橋梁業務之執行難有助益；此外，地方政府之資源多數不足以負擔及管理替代役男，因此該方案實施一年後即停止實施。

項目	類別	問題	回應內容
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	地方政府的養護經費主要來自中央政府的汽燃費稅收，各地方政府單位再自行分配用於橋梁檢測、養護與維護的額度。
	問題與困難點	檢測經費是否足夠？	受到地方政府管理橋梁數量多寡，及地方政府首長核撥橋梁預算多寡而定。
		若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	地方政府首長是否重視橋梁檢測，其實是影響經費的重要因素。部分地方政府著重於其它發展，經費分配於橋梁檢測與養護的比例少，也就導致該地方政府轄區內的橋梁檢測及維修難以落實辦理。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦/委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行/車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	依各橋梁管理機關而不同。以高速公路局為例，因為人力非常有限，因此不論是日常巡查、定期檢測與特別檢測均採用委外辦理，且全部採用價格標。採用價格標者，一般被人垢病可能會喪失檢測品質，其實價格標配合清楚且詳細的契約規定(含罰則)辦理，應可保障檢測品質，高速公路局即是良好範例。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	無意見。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	應可以。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	依循各橋梁管理單位制訂的稽核機制。以高速公路局為例，定檢與特別檢測均採用委辦方式，對檢測結果依一定比例抽查複查，若查核某筆資料有誤，會要求廠商對該筆資料及該筆資料前後一定範圍內的資料重新檢測及確認。

項目	類別	問題	回應內容
			1.採用價格標者，一般被人垢病可能會喪失檢測品質，其實價格標配合清楚且詳細的契約規定(含罰則)辦理，應可保障檢測品質。
		對此項目相關意見或建議？	2.交通部研擬「橋梁檢測契約範本」(置於臺灣橋梁管理資訊系統的首頁)，可供各橋梁管理單位參考使用。 3.部分地方縣市政府在管理轄區內橋梁時，採取細分給轄區內各區域首長自行管理的方式，一縣多治的情況，致使橋梁管理紊亂，亦難以掌握地方縣市政府轄區內的橋梁情況與檢測是否落實辦理。 4.部分地方縣市政府，因為地理位置相對偏遠，很難會有素質高的廠商承攬橋梁檢測事務，也難有優良委員負責遴選廠商，因此這些地方縣市政府轄區內的橋梁檢測品質良莠不一。
	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	主要應是檢測報告表為主，透過目視檢測填寫橋梁狀況，若有不易檢測的橋梁部分，會搭配高空檢測車輔助檢測。
	儀器設備 問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	無法回答。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	無意見。
後續維	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	1.運研所用於橋梁評鑑。 2.相關資料供橋梁管理單位了解橋梁狀況。 3.相關資料配合橋梁管理系統，在汛期前警示橋梁管理單位。

項目	類別	問題	回應內容
管 問 題	問 題 與 困 難 點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	無。

## 附二-5 臺北市政府

受談單位：新建工程處

受談人員：劉筱羚

訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	1.交通部公路養護手冊。 2.交通部公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範。 3.交通部臺灣區國道高速公路局公路橋梁一般目視檢測手冊。 4.交通部橋梁安全維護檢測手冊(草案)。 5.FHWA Bridge Inspector's Reference Manual。 6.臺北市政府之橋涵一般檢測評估報告表。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	市府定期橋梁檢測與特殊橋梁檢測均委託工程顧問公司(以下簡稱廠商)執行，目視檢測作業流程與研究團隊歸納的標準作業程序基本相符，主要流程為： 目視檢測教育訓練→安全裝備勞安宣導→研析橋涵相關資料→訂定橋涵構件編碼→擬定橋涵檢測順序→安排到達構件方法→準備紀錄表格簡圖→檢測設備工具檢查→執行橋涵目視檢測→檢測資料內業整理。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	是。實際橋梁檢測執行係委託廠商執行，至今並無廠商反映難以實行之意見。
		有何困難或問題?	無困難或問題。
		對此項目相關意見或建議?	無相關意見。
	評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?
問題		您認為何種評估方式較適宜?	D.E.R.&U.。因為此評估方式沿用許久，已習慣使用。

項目	類別	問題	回應內容
	與困難點	檢測評估結果(自辦／委辦)如何確保？	可以，藉由資料保存與橋涵管理系統之資料庫(巡查日報表等)確保。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些？	即 D.E.R.&U.表中內的 21 項目。
		關鍵項目為何？	(17) 伸縮縫、(18) 大梁、(13, 14)橋墩、(5, 6)橋台、(20)橋面板最重要，因為直接影響用路人之安全性。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切？是否需要增或刪？	一般而言可以達到反應的目的，但確實有部份無法直接反應檢測項目，如隔音牆、防眩版、照明等附屬設施只能填於第 21 項「其它」。
		檢測項目有無疑慮？(有無特別需求)	河中段橋梁、高橋墩橋梁較難檢測，一般並無受到天候影響問題。而特殊橋梁與一般橋梁之差異再於構件檢測重點(項目)之不同。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？	臺北市橋涵維護管理系統之橋涵一般檢測評估報告表
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？	在臺北市橋涵維護管理系統中，檢測表格並沒有依橋型、材料進行區分，也沒有特殊橋梁檢測表。
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	統一表格較單純易於使用與填寫，但依橋型分區、重點區分判讀較為容易。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	目前尚稱方便，但確實可能因檢測人員之經驗、主觀判斷而有較大出入，若能制定對照相片、影音等輔助方式則較能取得檢測結果之一致性。

項目	類別	問題	回應內容
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	大致可以達到其目的，雖未盡理想，但仍可以經由委外廠商之評估報告資訊(D.E.R.&U.表評估數據、CI、PI 等指標)而得以了解橋梁概況。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	日常巡檢、定期檢測(含詳細檢測)、特別檢測。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	目前定期檢測為依據交通部規定執行二年一次檢測，如遇特殊或緊急事件則立即進行特別檢測，尚稱恰當
		各檢測等級需求及差異是什麼？	經常檢測—發現一般問題。 定期檢測—發現潛在問題。 特別檢測—發現立即損傷。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	經常檢測之日常巡檢最有幫助，因二年一次之定期檢測或特別檢測不能獲得即時訊息，而經常檢測最能及時反應橋況。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
檢測時機	執行情形	<p>檢測時機(時間點)為何？ 頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)</p> <p>日常巡查部分，人行陸橋及地下道： 1.15 年以下每 7 日巡查一次。 2.15 年至 30 年每 5 日巡查一次。 3.30 年以上每 3 日巡查一次。</p> <p>車行地下道、車行陸橋、跨河橋梁及隧道： 1.15 年以下每 7 日巡查一次。 2.15 年至 30 年每 3 日巡查一次。 3.30 年以上每日巡查一次。</p> <p>定期檢測部分，目前一般橋梁二年檢測一次，新建橋梁滿五年起二年檢測一次，難以明確說明對預防災害之助益。</p>	

項目	類別	問題	回應內容	
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國 3 走山事件發生之機率)	定期檢測確有必要，日常巡檢較有幫助，但如國 3 走山事件之發生與檢測頻率無直接關聯。	
		對此項目相關意見或建議？	應加強巡檢機制。	
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	臺北市政府承辦人員為兼任人力辦理相關事務。	
		負責管理的橋梁數量有多少？	依 100 年臺北市橋涵數量統計表之數據顯示，人行陸橋 87 座、車行陸橋 31 座、跨河橋梁 34 座及一般橋梁 189 座，合計 341 座。	
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	約 170 座。	
		執行檢測人數有多少？	橋檢行政事務共計 4 人，及日常巡查 5 人。	
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	略有不足。	
		執行檢測人力學經歷程度為何？	目前並無要求，透過評選機制篩選優良廠商。	
		檢測人力是否有資格與認證限制？	並無明確規定，透過評選機制篩選優良廠商。	
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。	
	檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	本府固定編列單位預算，循往例編列。
		問題與困難點	檢測經費是否足夠？	是。
若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？			編列次年度預算辦理。	
對此項目相關意見或建議？			無相關意見。	



項目	類別	問題	回應內容
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	日常巡查主要委由廠商辦理，部分由本府自辦。 定期檢測及特別檢測採取委辦，以評選機制篩選優良廠商。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	委外檢測，書面審查，較難了解實際現況。緊急情況(如混凝土塊掉落)還是需要透過民眾反映才得以了解。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	無法全面掌握，仍需要透過民眾反映才得以了解橋梁最新狀況。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	日常巡查委外廠商按時填寫報表。定檢與特別檢測廠商依契約提送檢測報告，由本府邀委員開會審查。
		對此項目相關意見或建議？	無。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	目視檢測由委外廠商辦理。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	目視檢測由委外廠商辦理。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	目視檢測由委外廠商辦理。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
後續維管問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	1.鍵入臺北市政府橋梁管理系統，視經費狀況緊急或逐年加以修復。 2.與臺灣區橋梁管理系統進行資料交換。 3.供交通運輸研究所進行縣市政府橋梁評鑑。
	問題與困難點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	由本府編列預算發包維修。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。

## 附二-6 新竹縣政府

1. 受談單位：工務處養護科
2. 受談人員：彭瑞馨
3. 訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	自 89 年高屏大橋斷橋事件後，依據公文指示及「市區道路橋梁安全檢測手冊」辦理橋梁檢測工作。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	<p>縣府定期橋梁檢測均委託工程顧問公司(以下簡稱廠商)執行，係依廠商服務建議書內容辦理。主要流程為：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.竣工圖說蒐集(縣府有資料者，由縣府提供；如為老舊橋梁而無資料者，則由檢測人員現場繪製)</li> <li>2.橋涵空白簡圖繪製</li> <li>3.視現場情況分組及工作分配</li> <li>4.執行目視檢測</li> <li>5.損傷示意圖及平立面斷面圖繪製</li> <li>6.繳交工作成果報告，登錄橋梁管理系統。</li> </ol> <p>主要內容與作業方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.資料蒐集(測量)建檔、分析與研判：建立橋梁基本資料、初步了解各橋梁可能發生之破壞模式、資料不足時，以測量方式補充，並納入基本資料庫。</li> <li>2.結構體各構件現況評估檢查表建立：廠商於服務建議書中提報檢測方法、工具及使用表格。</li> <li>3.損壞構件數量、位置詳圖繪製及拍照：動員檢測、橋梁座標量測；依據檢測表格所示，依各橋梁損壞情況及數量記錄及照相，並繪製位置詳圖。</li> <li>4.細部結構狀況評估：對橋梁細部構件逐一述並完整記錄，作為日後維修補強參考。</li> </ol>

項目	類別	問題	回應內容
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何？	5.提出維修補強建議、經費概算及需追縱調查之部位、構件：依據檢測結果，廠商需提出改善方法的建議，並估算經費，以作為縣府提報橋梁維護修繕預算之依據；對安全有疑慮之橋梁，說明構件情況，並建議縣府列為追縱觀察對象。 6.資料庫建置。
		檢測作業規定是否容易依循？	是。實際橋梁檢測執行係委託廠商執行，至今並無廠商反映難以實行之意見。縣府派員抽檢會勘廠商執行情形時，若有不易實施檢測之部位(如高橋墩的隔震支承墊等)，廠商均會利用補助工具(如檢測車)進行檢測、拍照及記錄。
		有何困難或問題？	無。
		對此項目相關意見或建議？	無。
評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)？	D.E.R.&U.。
	問題與困難點	您認為何種評估方式較適宜？	D.E.R.&U.已足夠目視檢測使用。
		檢測評估結果(自辦／委辦)如何確保？	縣府定期橋梁檢測均委託廠商執行，係依廠商服務建議書內容辦理。 待廠商執行橋梁檢測完畢及繳交工作成果報告(含照片)後，交由縣府單位派員抽檢橋梁情況，並比對工作成果報告：包括基本資料及照片記錄是否屬實等。 至目前為止的抽檢結果，除極少部分橋梁基本資料(除橋長等)有誤繕情形，均立即請廠商修正，就橋梁主要部分的安全檢測結果，抽檢與工作成果報告一致。
		對此項目相關意見或建議？	D.E.R.&U.雖足夠目視檢測橋梁「安全」狀況，但縣府並無法從中了解橋梁的載重狀況，難以判定是否超載。特別是老舊橋梁(無橋梁竣工圖、設計資料者)，國防部均會要求縣府提供老舊橋梁的容許車輛荷載值，縣府只能另外委託廠商就老舊橋梁「現況」訂定限載保守值。

項目	類別	問題	回應內容
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些？	即 D.E.R.&U.表中內的 21 項目(廠商於服務建議書中即提出使用之檢測表格及項目)，含(1)引道路堤、(2)引道護欄、(3)河道、(4)引道護坡-保護措施、(5)橋台基礎、(6)橋台、(7)翼牆/擋土牆、(8)摩擦層、(9)橋面排水設施、(10)緣石及人行道、(11)欄杆及護牆、(12)橋墩保護設施、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(16)止震塊/拉桿、(17)伸縮縫、(18)主構件(大梁)、(19)副構件(橫隔梁)、(20)橋面版/鉸接版與(21)其他。
		關鍵項目為何？	關鍵項目為與安全性直接相關的橋梁主要構件部分，包括(5)橋台基礎、(6)橋台、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(18)主構件(大梁)與(19)副構件(橫隔梁)。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切？是否需要增或刪？	以目視檢測而言，21 個項目已足夠。
		檢測項目有無疑慮？(有無特別需求)	除非很特殊的情況(如河道有逐年擴大跡象者)，縣府會要求廠商提出追縱動作建議及改善經費，一般而言，並無疑慮。
		對此項目相關意見或建議？	無。
	檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？
檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？			沒有。
問題與困難點		您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	統一表格，係依據廠商所提表格即夠目視檢測使用。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	目前沒有問題。縣府人員都會在廠商提繳工作報告後，透過廠商相片之拍攝角度等，判定及瞭解是否有如實依檢測表格執行檢測。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	縣府人員透過事後查核廠商提繳工作報告中檢測表格的資料可以瞭解。

項目	類別	問題	回應內容
		對此項目相關意見或建議？	1.能否在原有 D.E.R.&U.檢測表格上提供擴充欄位，如特殊橋梁才會有的構件或部位，可額外附加在 D.E.R.&U.檢測表格上。 2.D.E.R.&U.檢測表用於表示橋梁安全評估應以足夠，但無法顯示出使用性與需求性等其它資訊。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	經常巡檢、定期檢測及特別檢測。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	目前3種方式恰當。若有廠商建議需追縱檢查者，縣府目前列為特別檢測類。此外，縣府管轄的橋梁內，目前有6座橋梁由中央大學進行監測，也歸於特別檢測類別。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	1.經常巡檢：由縣府單位派員巡視非主結構元件部分，如欄杆等，若有受損者需提報更換或維修。 2.定期檢測：橋梁全面性的安全檢查，平均2年1次。 3.特別檢測：強颱(如有發布警報者)或強震後，對橋梁安全有疑慮時，縣府派員檢視，有疑慮者再委請廠商檢測。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	主要是定期檢測與特別檢測，供縣府掌握平時與天災後橋梁的健康狀況。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	1.經常巡檢：不定期派員。 2.定期檢測：每座橋平均2年1次，大約在每年4月進行(係等到經費核算後，方可辦理招標，再實施橋梁檢測)。 3.特別檢測：強颱(如有發布警報者)或強震後。
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	以目視檢測而言，檢測時機均恰當。
		對此項目相關意見或建議？	無。

項目	類別	問題	回應內容	
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	經常巡檢與特別檢測巡視部分，縣府人員均為兼任處理橋梁檢測事務；定期檢測及在特別檢測主要委託廠商執行檢測工作。	
		負責管理的橋梁數量有多少？	縣府轄區內 30m 以上人行陸橋有 908 座(民國 100 年)。	
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	平均每年約 500 座。	
		執行檢測人數有多少？	縣府僅 1 員兼任承辦及 1 員兼任協辦橋梁檢測的事務，且非專責辦理。	
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	嚴重不足。	
		執行檢測人力學經歷程度為何？	縣府定期檢測委請廠商辦理，會要求廠商檢測人力需具有一定的學經歷，並交由外聘遴選委員審核資格。	
		檢測人力是否有資格與認證限制？	縣府定期檢測委請廠商辦理，會要求廠商需具有土木技師與結構技師之資格(不等同實際檢測人員資格)，並要求 D.E.R&U 表格上，實際檢測人員需簽名及由廠商負全權責任。	
		對此項目相關意見或建議？	無。	
	檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	1.民國 100 年前，主要經費來自每年交通部核算給縣府的「道路橋梁養護計畫」經費，該經費同時含道路與橋梁養護經費，橋梁實施檢測之輕費也包含在內。偶爾會有特別預算，如「老舊及受損橋梁改善計畫」，主要用於交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)審核縣府的老舊及受損橋梁，限專款專用。 2.民國 100 年開始，橋梁檢測經費已另外列為固定預算，需由縣府每年擬定，並向中央申報，但改善經費仍不穩定。
		問題與困難	檢測經費是否足夠？	非常不足。縣府向中央政府申報所需預算，至實際審核結果，有相當落差，且往往不足於改善縣府轄區內狀況最嚴重等級的橋梁。

項目	類別	問題	回應內容
	難點	若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	縣府有充份經費情況下，會另外由專案辦理；大部分在縣府經費不足的情況下，只能在下年度的預算中提報。
		對此項目相關意見或建議？	<p>1. 每年審核預算與實際需要差異甚大，縣府轄區內因應都市發展，橋梁數量漸增，但中央審核預算卻逐年減少，希望除檢測經費之外，在橋梁改善部分也能有穩定之預算，或提昇「道路橋梁養護計畫」經費。</p> <p>2. 特別預算之核撥係由運研所依據縣府轄區內橋梁之 D.E.R.&amp;U. 檢測表之資料，進行橋梁維護改善的排序依據，而特別預算限制「專款專用」，只能用在運研所核定之橋梁使用，與縣府真正的需求往往有相當大的出入，不具彈性。實際上，D.E.R.&amp;U. 檢測表僅能顯示縣府轄區內橋梁的安全性，而無法表示橋梁的需求性與使用性，縣府向中央申請經費，至經費核算下來之間，會有時間差，在此時間差中，可能經天災、交通意外事故、或都市開發而交通量大增等，導致橋梁情況已改變(如安全性出現警訊，或需求性上昇及功能性不足等)，而需橋梁擴建及改善，但因「專款專用」之限制，致使縣府真正運用經費於需要改善的橋梁上。</p> <p>3. 希望特別預算的部分，中央政府能改依據縣府在綜合考量下所提的橋梁優選順序，而不單止靠 D.E.R.&amp;U. 的安全性資料進行排序及限制專款專用經費。</p>
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦/委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行/車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	縣府定期的目視檢測均採用委辦廠商執行方式。評選或價格標之方式都有可能採用，目前並無一定規定可循，縣府只能參照其它單位辦理方式，及視經費多寡進行考量。採用評選者，較能篩選出有素質之檢測廠商，但經費有限之情況，也只能依價格標選擇較低廉的廠商服務。
	問題	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	經費之多寡為縣府檢測辦理方式之主要考量。

項目	類別	問題	回應內容
	與困難點	檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	以目視檢測應可大致掌握橋梁健康狀況，但仍會有些許的誤差。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	交由縣府人員事後以抽檢方式，查核現況是否與工作報告結果一致，若有謬誤則請廠商更正。
		對此項目相關意見或建議？	無。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	依據公路養護手冊之一般工具規定，含以下六類： 1.清潔工具：長柄掃帚、鋼刷、刮刀、平頭起子等。 2.檢測工具：混凝土強度測試槌、鉛錘等。 3.協助目視檢測工具：紅外線望遠鏡、手電筒等。 4.量測工具：測距儀、GPS 定位儀、鋼捲尺等。 5.記錄工具：檢測報告表、記事本、三角板、照相機(廣角、近照、閃光燈及紅外線)、攝影機、粉筆等。 6.其他：潤滑油、防昆蟲藥、雨衣、醫藥箱、附工具袋之皮帶(裝檢測工具) 等。
		目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	目前足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	量測電子儀器類(如測距儀、定位儀)，要求廠商校正後使用，否則檢測數據可能出現錯誤。
		對此項目相關意見或建議？	無。
後續維管問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	1.向中央申取改善經費之依據。 2.提供作為地方民眾(民代)詢問的橋梁資料。
		若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	透過專案簽呈(依據廠商提供評估修補方式之建議與修復經費估算)，先視經費是否足夠，若經費足夠再視急迫性辦理，若經費不足，只能向中央申報，待經費核撥後辦理。
		對此項目相關意見或建議？	無。



## 附二-7 雲林縣政府

1. 受談單位：工務處養護科
2. 受談人員：林喬賢
3. 訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	1.交通部公路養護手冊。 2.公路總局公路橋梁安全檢查手冊。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	縣府定期橋梁檢測與特別檢測均委託工程顧問公司(以下簡稱廠商)執行，目視檢測作業流程與研究團隊歸納的標準作業程序基本相符。但是，竣工圖說蒐集的部分，因為縣府轄區內民國 70 年以前的老舊橋梁，大多數缺乏竣工圖，只能請廠商繪製立平面圖，若橋梁有基樁裸露的情況，則會進一步進行基礎深度探測，以評估橋梁安全性。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	是。實際橋梁檢測執行係委託廠商執行，至今並無廠商反映難以實行之意見。若規定有不易執行的部分，廠商需自行想辦法克服困難點並執行檢測。
		有何困難或問題?	無。
		對此項目相關意見或建議?	無相關意見。
	評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?
問題與困難點		您認為何種評估方式較適宜?	只知道 D.E.R.&U.評估方式，無法評論。
		檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	縣府定期橋梁檢測與特別檢測均委託廠商執行，日常巡查則由廠商回饋辦理，係依廠商服務建議書內容辦理。 縣府採取抽查方式確保一般橋梁檢測評估結果，此外，針對廠商於檢測後提供之潛在危險與立即危險橋梁，則以複查方式確認廠商檢測評估結果。

項目	類別	問題	回應內容
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些？	即 D.E.R.&U.表中內的 21 項目，含(1)引道路堤、(2)引道護欄、(3)河道、(4)引道護坡-保護措施、(5)橋台基礎、(6)橋台、(7)翼牆/擋土牆、(8)摩擦層、(9)橋面排水設施、(10)緣石及人行道、(11)欄杆及護牆、(12)橋墩保護設施、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(16)止震塊/拉桿、(17)伸縮縫、(18)主構件(大梁)、(19)副構件(橫隔梁)、(20)橋面版/鉸接版與(21)其他。
		關鍵項目為何？	關鍵項目為與橋梁安全性及用路人行車安全直接相關的部分，包括(5)橋台基礎、(6)橋台、(11)欄杆及護牆(影響用路人行車安全)、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(17)伸縮縫(影響用路人行車安全)、(18)主構件(大梁)與(19)副構件(橫隔梁)。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切？是否需要增或刪？	以目視檢測而言，21 個項目已足夠。
		檢測項目有無疑慮？(有無特別需求)	無疑慮。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
	檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？
檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？			有依材料(混凝土橋與鋼橋)區分。
問題與困難點		您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	目前表格有區分，統一表格是較方便，但是適用性會受限。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	經驗不足的人員對檢測表格(純文字)的專有名詞會不了解，需要透過教育訓練改善。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	檢測表格配合受損照片及說明可反映橋梁健康狀況。

項目	類別	問題	回應內容
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	經常巡檢、定期檢測、特別檢測及進階檢測。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	目前檢測等級的區分方式恰當。即使位於海口處的橋梁，因受海風(水氣+氯離子)影響，鋼筋腐蝕及混凝土剝落情形較嚴重，但仍可掌握橋梁健康狀況。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	1.經常巡檢：快速檢視，項目較少。 2.定期檢測：橋梁全面性的重點檢查，平均2年1次。 3.特別檢測：強颱(如有發布警報者)或強震後，廠商派員檢測。 4.進階檢測：定期檢測或特別檢測後橋梁有安全疑慮者，請廠商實施非破壞性檢測、破壞性檢測等，以確認橋梁健康狀況。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	定期檢測。 因為是全面性檢測，並包含重點項目。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	1.經常巡檢：半年1次。 2.定期檢測：每座橋平均2年1次。 3.特別檢測：強颱(如有發布警報者)或強震後。 4.進階檢測：定期檢測或特別檢測後，對橋梁安全性有疑慮者，由縣府另行委託辦理。
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	以目前縣府人力與經費情況，檢測時機均恰當。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。

項目	類別	問題	回應內容
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	縣府人力為兼任辦理橋梁事務，所有檢測等級均委託廠商執行檢測工作。
		負責管理的橋梁數量有多少？	縣府轄區內約 1370 座(民國 100 年)，此含 6m 以下橋梁，但不含縣道橋梁。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	平均每年約 685 座。
		執行檢測人數有多少？	縣府僅 1 員兼任承辦及 1 員兼任協辦橋梁檢測的事務，且非專責辦理。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	嚴重不足，因此縣府完全廠商派遣人力執行橋梁檢測。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	目前尚無訂定標準，由投標廠商自行列出學經歷程度，透過評選機制篩選優良廠商。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	目前尚無訂定標準，由投標廠商自行列出人員資格與認證情形，透過評選機制篩選優良廠商。
		對此項目相關意見或建議？	人力不足情況嚴重，且縣內橋梁數量眾多，難以交由縣府人員實行檢測工作。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	主要經費來自每年交通部核算給縣府的「道路橋梁養護計畫」經費，該經費同時含道路與橋梁養護經費，橋梁實施檢測之經費也包含在內，因此並沒有穩定使用於橋梁檢測之預算。
	問題與困難點	檢測經費是否足夠？	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 雲林縣政府每年從中央政府取得的統籌分配款額本來就少，因此雲林縣政府在各方面活動與公務推動上，各項目分配之經費本來就不多，因此能使用於橋梁部分的經費非常不足。</li> <li>2. 目前的縣府使用於橋梁檢測的經費尚可，但經費不足以提供於橋梁維護與補強。</li> </ol>

項目	類別	問題	回應內容
		若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	此屬縣府編列進階檢測費用，並無經費上之問題。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	縣府定期橋梁檢測與特別檢測均委託廠商執行，日常巡查則由廠商回饋辦理，係依廠商服務建議書內容辦理。 一律採評選方式，由委員篩選優良廠商服務。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	因經費有限及人力缺乏，只能委託廠商辦理。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	應可掌握。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	縣府採取抽查方式確保一般橋梁檢測評估結果，此外，針對廠商於檢測後提供之潛在危險與立即危險橋梁，則以複查方式確認廠商檢測評估結果。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	如鐵槌、鉛錘、望遠鏡、捲尺、檢測報告表、記事本、照相機、噴漆(或白板筆)、梯子、檢測車(廠商視情況租用及使用)...等。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	目前足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	配合 D.E.R.&U.評估方式使用應可反映橋梁健康狀況。
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。
後續維管	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	1.橋梁維修先後順序之依據。 2.定期檢測及特別檢測作為是否需要進階檢測之依據。 3.作為向中央申請維修預算補助之依據。

項目	類別	問題	回應內容
問題	問題與困難點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	<p>1.廠商判定有立即性危險者，先採取封橋措施。若有足夠經費，馬上進行規劃設計，並發包維修補強；若無經費，則編列下一年度預算處理。</p> <p>2.廠商判定有潛在性危險者，若有足夠經費，馬上進行規劃設計，並發包維修補強；若無經費，則編列下一年度預算處理。</p>
		對此項目相關意見或建議？	無相關意見。

## 附二-8 逢甲大學

受談單位：運輸科技與管理學系

受談人員：徐耀賜

訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	無法回答。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	無法回答。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	目前的橋梁檢測作業屬橋梁維護與保全的前置作業(即以發現橋梁問題為主)，以此目的而言，檢測員依循現有作業規定執行橋梁檢測作業，應無太大問題。
		有何困難或問題?	無。
		對此項目相關意見或建議?	在檢測層面(範圍)的部分，應可邀請多方面的專家(大地、結構、道路、水利...等)進行檢討，以確保橋梁檢測的完整性。例如，國3走山事件主要受到邊坡—國道的外水內流影響，致使地錨受地下水侵蝕生鏽並喪失功能，現有作業規定的制定，以各結構(道路、橋梁、邊坡...等)各自考量及檢查，缺乏複合考量的層面與規定。
評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?	國內以 D.E.R.&U. 為主。
	問題與困難點	您認為何種評估方式較適宜?	各有優點，也都有可以檢討之處。
		檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	無法回答。
		對此項目相關意見或建議?	D.E.R.&U. 檢測及記錄之資料只能提供統計功能，並無決策功能。

項目	類別	問題	回應內容
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些？	D.E.R.&U.以 21 項為主。
		關鍵項目為何？	無相關意見。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切？是否需要增或刪？	以 D.E.R.&U.檢測而言，現有的檢測項目已足夠。
		檢測項目有無疑慮？(有無特別需求)	無相關意見。
		對此項目相關意見或建議？	建議數位式檢測之方式，除了利用 D.E.R.&U.檢測中橋梁基本資料的記錄外，其它許多橋梁檢測項目可以減免，均利用影音完整記錄。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？	一般的 D.E.R.&U.定檢表格式。利用數位式檢測之方式，僅需記錄橋梁基本資料。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？	無法回答。
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	利用數位式檢測之方式，並不需要區分表格。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	利用數位式檢測之方式，並無文字問題。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	利用數位式檢測之方式，透過專家以錄影加錄音方式記錄，可更完整及確實反映橋梁健康狀況。
		對此項目相關意見或建議？	利用數位式檢測之方式，並不需要新增檢測表格。
		檢測等級	執行情形
問題	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	目前依各自目的區分恰當。	



項目	類別	問題	回應內容
	與困難點	各檢測等級需求及差異是什麼？	主要是檢測目的、頻率、時機、項目(範圍)不同。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	無相關意見。
		對此項目相關意見或建議？	現有的日常巡查、定期檢測及特別檢測各有其目的與功能，但檢測所得之資料並無決策的功能。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國 3 走山事件發生之機率)	臺灣定訂檢測頻率並未掌握美國橋梁檢測精神，雖明定檢測頻率，卻缺乏彈性。
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國 3 走山事件發生之機率)	目前巡檢與定檢統一採固定頻率並非對所有橋梁均恰當。應視橋梁年份、交通量、需求性彈性制定檢測時機與頻率。
		對此項目相關意見或建議？	美國檢測頻率(如 2 年 1 次定期檢測)其實相當具有彈性。美國各州會依照年份與交通量(使用性)來篩選重要性橋梁，並彈性安排檢測的頻率(愈老舊、交通量大的橋梁頻率高)。國內制定的檢測頻率(如 2 年 1 次的定檢)過於缺乏彈性而死板。
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責/兼任？依檢測等級區分)	無法回答。
		負責管理的橋梁數量有多少？	無法回答。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	無法回答。
		執行檢測人數有多少？	無法回答。
	問題與困難	執行檢測人力是否足夠？	無法回答。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	無法回答。

項目	類別	問題	回應內容
	難點	檢測人力是否有資格與認證限制？	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	要推行數位式檢測需有真正懂橋梁檢測的專家。因此，除了現有的橋梁檢測教育訓練課程之外，需開立更高等的橋梁檢測教育訓練課程，除要求需具土木技師或結構技師等資格方能參與外，對課程內容的層面與專業程度也需提昇。現有的橋梁檢測教育訓練課程也有檢討的部分，像是學員是否有真正聽課、授課人員有時並非實務人員等問題。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	無法回答。
	問題與困難點	檢測經費是否足夠？	無法回答。
		若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	推動數位式檢測，僅需提供專家顧問費用，數量上只針對篩選過後的橋梁，應不會有經費上的困擾。另一方面，對新建橋梁，推動「30年以內免維修橋梁」，僅需日常巡查，減少定期檢測作業與成本。訂定30年是因為國內橋梁設計至少都50年以上，30年的橋梁除非遭遇重大天然災害，理應無結構性安全上的疑慮，此外，亦可透過橋梁管理系統及各縣市政府的資料，統計受損橋梁與年份或然率，以作為免維修橋梁年份依據。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦/委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行/車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	無法回答。
		檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	無法回答。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	無法回答。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	相關單位橋梁檢測採用委外辦理者，應建立保險機制，如抽檢廠商檢測結果與事實不符者，需無條件更正，或訂定罰則等。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	無法回答。
		目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	無法回答。
	問題與困難點	儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	數位式檢測僅需攝影器材，唯影音資料儲存空間需求大，因此需要配合橋梁篩選機制進行檢測。
後續維管問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	無法回答。
		若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	無法回答。
	問題與困難點	對此項目相關意見或建議？	利用數位式檢測資料及專家小組開會討論後，可真正對橋梁擬定有效決策。

## 附二-9 實際檢測人員

1. 受談單位：中興工程顧問公司
2. 受談人員：李建輝
3. 訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	公路橋梁一般目視檢測手冊、公路橋梁安全檢查手冊等依據。係依據各橋梁業管單位的檢查頻率配合檢查項目表之內容執行。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	<p>程序與研究團隊歸納的標準作業程序基本相符。主要流程為：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.竣工圖說蒐集。</li> <li>2.橋涵空白簡圖繪製。</li> <li>3.視現場情況分組及工作分配。</li> <li>4.執行目視檢測。</li> <li>5.損傷示意圖及平立面斷面圖繪製。</li> <li>6.繳交工作成果報告，登錄橋梁管理系統。</li> </ol> <p>若以政府機關為例，先以目視檢測所有橋梁後再行挑選狀況較差的橋梁委外進行詳細檢測及評估。</p>
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	就目視檢測而言，有些檢測項目不易以路巡或人力、設備較少的方式完成。
		有何困難或問題?	例如跨河橋梁或較高橋墩的支承墊檢測。
		對此項目相關意見或建議?	編列完整經費和設備或委由專業廠商辦理。
	評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?
		您認為何種評估方式較適宜?	D.E.R.&U.已成為主流且沒有太大的問題。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	實際上並無法確保,目視檢測僅能盡量交由專業人員辦理;委辦評估部分則可辦理評估結果審查會確保評估結果之正確性。
		對此項目相關意見或建議?	目視檢測應統一由政府單位定期舉辦研習會或訓練班並頒發合格證書以確保成果;評估成果則需有統一的規範遵循並需有相關技師簽認證。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式,執行檢測的項目有哪些?	即 D.E.R.&U.表中內的 21 項目,含(1)引道路堤、(2)引道護欄、(3)河道、(4)引道護坡-保護措施、(5)橋台基礎、(6)橋台、(7)翼牆/擋土牆、(8)摩擦層、(9)橋面排水設施、(10)緣石及人行道、(11)欄杆及護牆、(12)橋墩保護設施、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(16)止震塊/拉桿、(17)伸縮縫、(18)主構件(大梁)、(19)副構件(橫隔梁)、(20)橋面版/鉸接版與(21)其他。
		關鍵項目為何?	關鍵的項目在於如何把一些局部的劣化現象整合成橋梁老、劣化的長期趨勢或隱藏性、結構性的問題。像是與安全性直接相關的部分,包括(5)橋台基礎、(6)橋台、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(16)止震塊/拉桿、(17)伸縮縫、(18)主構件(大梁)與(20)橋面版/鉸接版。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切?是否需要增或刪?	就 D.E.R.&U.表的細部項目而言目前尚稱足夠。
		檢測項目有無疑慮?(有無特別需求)	橋梁匝道與主線間的伸縮縫目前無法放在 D.E.R.&U.表內。
		對此項目相關意見或建議?	各橋梁的匝道應另外獨立成另一座橋以符合各橋墩的編號順序以免搞亂。
		執行檢測採用的表格是什麼?	D.E.R.&U.表。

項目	類別	問題	回應內容
檢測表格	執行情形	檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？	都是一樣的。
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	統一即可，應為依橋型或材料區分並無太大的意義和區別。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	就初步的評估而言是相當的方便，但對日後的詳細評估而言就顯得相當的單薄，尤其是需要詳細評估的橋梁，應配合劣化現象的圖面記錄目視檢測才會有用。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	不能 100%的反映，主要是要靠檢測人員的研判。
		對此項目相關意見或建議？	經驗豐富的檢測人員才是目視檢測的關鍵，所有橋梁建議應都要有劣化現象檢測紀錄圖才方便研判或修補的依據。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	屬業主層級問題，無法回答。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	屬業主層級問題，無法回答。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	屬業主層級問題，無法回答。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	屬業主層級問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	屬業主層級問題，無法回答。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國 3 走山事件發生之機率)	屬業主層級問題，無法回答。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國 3 走山事件發生之機率)	屬業主層級問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	屬業主層級問題，無法回答。
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	屬業主層級問題，無法回答。
		負責管理的橋梁數量有多少？	屬業主層級問題，無法回答。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	屬業主層級問題，無法回答。
		執行檢測人數有多少？	屬業主層級問題，無法回答。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	屬業主層級問題，無法回答。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	屬業主層級問題，無法回答。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	屬業主層級問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	屬業主層級問題，無法回答。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	屬業主層級問題，無法回答。
		問題與困難點	檢測經費是否足夠？
	問題與困難點	若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	屬業主層級問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	屬業主層級問題，無法回答。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	視依檢測項目的專業度來區分，一般目視檢測只要人力充足、通常會選擇自辦，否則都會委外辦理，自辦則因為需要仔細目測，通常都是步行為之，委辦則通常採評選方式辦理。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	困難點通常在於經費，其中包括自辦時所需的儀器、設備、人力，委辦時非破壞性檢測所需的項目和數量。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	通常目視檢測即可大致看出橋梁的健康狀況，詳細評估則是針對橋梁是否能符合現行既有相關規範的要求。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	通常是以審查會的方式辦理。
		對此項目相關意見或建議？	無。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	依據公路養護手冊之一般工具規定，含以下六類： 1.清潔工具：長柄掃帚、鋼刷、刮刀、平頭起子等。 2.檢測工具：混凝土強度測試槌、鉛錘等。 3.協助目視檢測工具：紅外線望遠鏡、手電筒、放大鏡、染色劑等。 4.量測工具：測距儀、GPS 定位儀、鋼捲尺、游標尺、裂縫觀測鏡、裂縫觀測尺、量角器、溫度計等。 5.記錄工具：檢測報告表、記事本、三角板、照相機(廣角、近照、閃光燈及紅外線)、攝影機、粉筆或標示筆等。 6.其他：潤滑油、防昆蟲藥、雨衣、醫藥箱、附工具袋之皮帶(裝檢測工具) 等。
		目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	目視檢測儀器一般是足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	目視檢測儀器較無問題，一般是非破壞性檢測等需要使用電子儀器者，較有此類問題。所有檢測結果要配合後續評估作業才會有用，但是有些檢測項目並無法分析或量化來判斷，例如鋼筋腐蝕檢測、中性化等等，常常是得到數據後卻無評估流程來進行後續的評估或有效的修復；除了有對照組的檢測之外，通常檢測是否準確是無從得知的，而有對照組的檢測項目不準，通常是儀器本身的精度和人為操作的失誤，或是取樣的誤差等等。



項目	類別	問題	回應內容
		對此項目相關意見或建議？	目視檢測儀器較無問題。非破壞性檢測的部分，因為實際上混凝土相關的非破壞性檢測目前還沒有相當可靠的檢測儀器，而且有些數據並無法用於後續的評估上，建議應該把相關流程或必要之檢測規範化以供評估人員遵循用，其他非必要之檢測則可依相關學術報告做為分析依據。
後續 維管 問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	目視檢測結果通常當作混凝土一般劣化現象修復依據及是否需進行詳細評估之參考用。
	問題與困難點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	目視檢測中發現橋梁損傷後通常是直接紀錄，後續作業(NDT 研判、修復....等等)通常是交由專業人員研判後執行，檢測人員不會有立即的處理作業。
		對此項目相關意見或建議？	無。

## 附二-10 實際檢測人員

1. 受談單位：中興工程顧問公司
2. 受談人員：林建清
3. 訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	1.以「公路橋梁一般目視檢測手冊」為主。 2.不足部分，以「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及日本道路公團的「道路構造物点檢要領」為補充。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	程序與研究團隊歸納的標準作業程序基本相符，其中，需特別說明的程序如下： 1.橋涵竣工圖說蒐集：老舊且小的橋梁可能沒有竣工圖說，一般合約中會要求現地實際測量並繪製平、立面圖，但無法繪製鋼筋的配置情況。 2.橋涵構件的空白簡圖繪製：需視現場作業時間對應處置。 3.現場檢測工作討論及各小組任務分配：現場一定要視情況及人力落實分工，尤其是檢測小組中有檢測資歷淺的人員時，會先行進行工作討論，統一檢測方法與判定標準，否則檢測結果與修復工法難以對應。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	基本上遵循並無困難。
		有何困難或問題?	無。
		對此項目相關意見或建議?	無意見。
	評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?
		您認為何種評估方式較適宜?	只使用過 D.E.R.&U.，無法比較。
		檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	檢測人員自主落實檢測評估工作，結果再交由業主查核。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	對此項目相關意見或建議？	<p>1.D.E.R.&amp;U.的「D」(劣化程度)項，對於D=2(尚可)的標準是最難判定。此外，對D=2的情況是否要維修也很難判定。若為了節省麻煩，只要D=2便填報需要維修，卻又會使橋梁維修費用增加許多。因此，對D=2的判定需要更明確的標準，且是否需要提報維修，也最好有規則可循。</p> <p>2.D.E.R.&amp;U.的「E」(劣化範圍)項，對基礎有填寫困擾。例如，橋梁基礎埋在地底下，結構狀況可從橋齡及周遭情形評估為「良好」，但實際是看不見的，若寫「無法檢測」，卻在「D」項填「良好」，並不符合邏輯。偏偏多數「良好」基礎都是埋在地底下的，若全填寫「無法檢測」，會有記錄充足性的問題，且對管理單位用處不大。最好有規則可循。</p>
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些？	即D.E.R.&U.表中內的21項目。
		關鍵項目為何？	關鍵項目為與安全性直接相關的部分，包括(5)橋台基礎、(6)橋台、(13)橋墩基礎、(14)橋墩墩體/帽梁、(15)支承/支承墊、(16)止震塊/拉桿、(17)伸縮縫、(18)主構件(大梁)與(20)橋面板/銜接版。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切？是否需要增或刪？	21個項目已足夠。
		檢測項目有無疑慮？(有無特別需求)	無。
		對此項目相關意見或建議？	第14項「橋墩墩體/帽梁」，包含橋墩墩體與帽梁，此項損傷亦無法從表格上知道損傷部位是在橋墩墩體或是帽梁，通常需要配合損傷示意圖或在備註欄說明才能知道損傷位置。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？	D.E.R.&U.表。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？	沒有。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	表格太多種的話，會難以有統一的評判標準；但僅一張檢測表格也難以全面適用於所有的橋梁類型。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	無意見。通常在檢測實施前，分組協調及統一檢測與表格填寫標準，較不會有表格用上的問題。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	正常情況下，可明確反映橋梁健康狀況。
		對此項目相關意見或建議？	<p>1.第(5)項橋台基礎、第(6)項橋台除了於各自區域填寫 D、E、R 值以外，其對應之支承等損傷細則，一般填寫於「橋台或橋墩」區域(參見公路養護手冊的橋梁定期檢測資料表)，對經驗不足或未注意的人員，會有填寫錯誤或判讀錯誤的情形發生，尤其是需要擷取損傷位置資訊時，可能也會擷取到錯誤位置的資料。因此，有此情況的橋梁，若不是修正表格格式，就是填寫資料的人員或讀取資料的人員需要非常注意。</p> <p>2.目前 D.E.R.&amp;U.表的主要項目可適用各類型的橋梁，但部分橋梁才特有的項目，往往只能在備註說明處補充說明情況，即使如此，也無法列入橋梁指標。例如，鋼橋的接頭部分。</p> <p>3.要制定或修正目前 D.E.R.&amp;U.表格以適用所有橋梁，應該是有其困難度的。</p>
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	屬業主管理層級的問題，無法回答。

項目	類別	問題	回應內容
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	工程顧問公司負責承辦定期檢測為主，而定期檢測內容較完整與詳細，對於橋梁健康狀況應屬相對關鍵的檢測等級。
		對此項目相關意見或建議？	無意見。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	屬業主管理層級的問題，無法回答。
	問題與困難點	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責/兼任？依檢測等級區分)	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		負責管理的橋梁數量有多少？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		執行檢測人數有多少？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	無意見。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	屬業主管理層級的問題，無法回答。

項目	類別	問題	回應內容
	問題與困難點	檢測經費是否足夠？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	無意見。
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	承辦臺北市政府檢測工作採用評選標，其它單位有些採用價格標。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	較喜歡業主採用評選方式，若業主採用價格標者，會有喪失檢測品質的風險。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	應可以。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	檢測人員自主落實檢測評估工作，結果再交由業主查核。
	對此項目相關意見或建議？	無。	
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	視橋梁類型(公路橋梁或人行陸橋等)之情況調整，一般以望遠鏡、手電筒、榔頭、鉛錘、相機、鋼捲尺、裂縫觀測尺、檢測報告表、記事本、粉筆或標示筆、雨鞋(下河道檢視使用)、防曬乳(夏季使用)為主。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	目視檢測儀器較無問題，一般是非破壞性檢測等需要使用電子儀器者，較有此類問題。
	對此項目相關意見或建議？	無。	

項目	類別	問題	回應內容
後續 維管 問題	執行 情形	檢測結果是怎麼運用的？	檢測結果提供給業主維修補強建議。
	問題 與 困難 點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	屬業主管理層級的問題，無法回答。
		對此項目相關意見或建議？	無。

## 附二-11 實際檢測人員

1. 受談單位：中興工程顧問公司
2. 受談人員：陳護升
3. 訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	交通部公路養護手冊、目視檢測手冊、鋼橋檢測及補強規範等。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	依執行計畫書辦理。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	是。
		有何困難或問題?	橋梁竣工資料遺失。
		對此項目相關意見或建議?	無。
評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U. 或 A.B.C.D.N.)?	D.E.R.&U. 。
	問題與困難點	您認為何種評估方式較適宜?	D.E.R.&U. 。
		檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	資深檢測員複查。
		對此項目相關意見或建議?	檢測員應有資格限制。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式,執行檢測的項目有哪些?	目視、非破壞等等。
		關鍵項目為何?	目視檢查。
	問題與困難點	檢測項目數量、名稱、內容是否適切? 是否需要增或刪?	依經費多寡擇定合適工作內容。
		檢測項目有無疑慮?(有無特別需求)	無。



項目	類別	問題	回應內容
	點	對此項目相關意見或建議？	對檢測項目定義需明確了解。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？	D.E.R.&U.表格。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？	有。
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	依橋型材料進行區分較佳。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	使用方便但須經驗判斷。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	可。
		對此項目相關意見或建議？	應對檢測員資格加以限制。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	符合交通部兩年一次檢測規定。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	是。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	依業管單位需求而定。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	定期檢測。
		對此項目相關意見或建議？	無。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	定期檢測可提早發現可能問題，降低橋梁發生災害風險。
	問題	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	定期檢測應確實執行，後續維護亦應執行。

項目	類別	問題	回應內容
	與困難點	對此項目相關意見或建議？	定期及特別檢測都應執行。
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責/兼任？依檢測等級區分)	依執行計畫有專責主辦人員，現地檢測人員則依專業編組方式執行。
		負責管理的橋梁數量有多少？	非橋梁管理單位無負責管理。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	約 100 座。
		執行檢測人數有多少？	35 位。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	足夠。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	大學與碩士為主要人員。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	以運研所與大專院校橋梁訓練班受訓為主。
		對此項目相關意見或建議？	應由具有 5 年以上橋梁檢測經驗之工程師進行本項作業
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	依業主編列年度預算為主。
	問題與困難點	檢測經費是否足夠？	通常多為不足。
		若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	有，業主大多並無後續編列。
		對此項目相關意見或建議？	應定期編列以維護橋梁及民眾通行安全，除一般目視檢測外，也應對後續問題處理有通盤性檢討。

項目	類別	問題	回應內容
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦/委辦)為何?若為自辦採用何種方式(步行/車行)?若為委辦採用何種方式?(評選或價格標)	自辦,對特別檢測則部分委尤其他專業廠商辦理。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼?	現地施工機具與通行路徑。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況?	可。
		採用委辦方式時,如何查核委辦廠商執行情形與結果?	會與現地資料互相對照。
	對此項目相關意見或建議?	應由專業廠商辦理評估,而非用價格決定一切。	
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些?	衝槌、透地雷達強度錘敲擊回音等設備。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠?	足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況?若檢測不準,其原因為何?	因儀器檢測為反應局部狀況,故仍需使用多項儀器分析結果後在綜合判斷,若檢測不準多為資料不足所致。
	對此項目相關意見或建議?	應由專業廠商量測,並經橋梁專業人員綜合判斷。	
後續維管問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的?	供後續一般維修及後續補強設計之用。
	問題與困難點	若檢測發現橋梁損傷,是如何處理的?(如進行NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	若無疑慮可進行一般維修,若有疑慮則建議進行詳細檢測及後續補強設計。
		對此項目相關意見或建議?	橋梁竣工資料遺失嚴重,應加強業管單位對竣工資料之保管(包含維修補強竣工資料),以利橋梁檢測評估之判斷。

## 附二-12 實際檢測人員

1. 受談單位：中興工程顧問公司

2. 受談人員：葉啟章

3. 訪談內容：

項目	類別	問題	回應內容
作業規定	執行情形	橋梁檢測作業的執行依據是什麼(規範、手冊、或橋梁管理單位的相關條例)?	目視檢測手冊、鋼橋檢測及補強規範等。
		目視檢測作業流程及目視檢測工作主要內容與作業方法為何?	依執行計畫書辦理。
	問題與困難點	檢測作業規定是否容易依循?	手冊可依循但累積經驗成果較能統一。
		有何困難或問題?	判定現象與經驗有關。
		對此項目相關意見或建議?	增加相關圖示及判定標準說明。
評估方式	執行情形	目前採用何種評估方式(D.E.R.&U.或A.B.C.D.N.)?	D.E.R.&U.。
	問題與困難點	您認為何種評估方式較適宜?	D.E.R.&U.。
		檢測評估結果(自辦/委辦)如何確保?	現場複查或請專業人士再進行表格審查。
		對此項目相關意見或建議?	以專業廠商作業較佳。
檢測項目	執行情形	對應以上評估方式，執行檢測的項目有哪些?	目視、非破壞、耐震等項目初步評估及數值模型評估、維修補強設計。
		關鍵項目為何?	目視檢查、維修補強設計。
	問題與困難	檢測項目數量、名稱、內容是否適切? 是否需要增或刪?	依經費多寡擇定合適工作內容。
		檢測項目有無疑慮?(有無特別需求)	無。

項目	類別	問題	回應內容
	難點	對此項目相關意見或建議？	對檢測項目定義需明確了解。
檢測表格	執行情形	執行檢測採用的表格是什麼？	D.E.R.&U.表格。
		檢測表格有依橋型、材料進行區分嗎？	有。
	問題與困難點	您較喜歡採用統一表格方式或依橋型、材料進行區分？為什麼？	依橋型材料進行區分較佳，可有效減少現場修改工作。
		檢測表格(純文字)使用上是否方便？或使用上有什麼樣的問題？	使用方便但須經驗判斷。
		檢測表格能否明確反映橋梁健康狀況？	可以。
		對此項目相關意見或建議？	加強檢測員素質要求，可有效提升檢測效益。
檢測等級	執行情形	檢測等級區分情形為何？	一般皆符合交通部兩年一次檢測規定，唯後續作業常因經費缺乏無法施作。
	問題與困難點	檢測等級(如經常、定期、特殊)的區分方式是否恰當？	恰當。
		各檢測等級需求及差異是什麼？	一般管理及針對性問題的解決。
		以您的角度看來，對橋梁健康狀況評估相對關鍵的檢測等級(類型)是什麼？	定期檢查。
		對此項目相關意見或建議？	目前檢測等級分類應屬合宜。
檢測時機	執行情形	檢測時機(時間點)為何？頻率為何？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	定期及特殊檢查可提早發現可能問題，但無法立即發現所以問題，但降低問題發生機率有正面意義。
	問題	檢測時機與是否恰當？(能否降低如國3走山事件發生之機率)	應屬恰當，但對特別檢查應增加執行次數。

項目	類別	問題	回應內容
	與困難點	對此項目相關意見或建議？	定期及特別檢測都應執行。
檢測人力	執行情形	執行橋梁檢測工作之人員編制為何？(專責／兼任？依檢測等級區分)	依執行計畫有專責主辦人員，現地檢測人員則依專業編組方式執行。
		負責管理的橋梁數量有多少？	因非橋梁管理單位故無負責管理。
		一年執行檢測橋梁平均數量有多少？	目前檢測橋數約為 100 座。
		執行檢測人數有多少？	35 位。
	問題與困難點	執行檢測人力是否足夠？	足夠。
		執行檢測人力學經歷程度為何？	大學與碩士為主要人員。
		檢測人力是否有資格與認證限制？	以運研所與大專院校橋梁訓練班受訓為主。
		對此項目相關意見或建議？	由專業顧問公司長期聘用具有多年橋梁設計檢查工程師，進行本項作業。
檢測經費	執行情形	檢測經費來源為何？(是否有穩定預算)	依業主編列年度預算為主。
		檢測經費是否足夠？	通常多為不足。
	問題與困難點	若初步判定橋梁損傷後，需進一步進行詳細檢測評估，是否有經費上之問題？	有，且多為預算並無後續編列。
		對此項目相關意見或建議？	應定期編列以維護橋梁及民眾通行安全，除一般目視檢測外，也應對後續問題處理有通盤性檢討。

項目	類別	問題	回應內容
辦理方式	執行情形	檢測辦理方式(自辦／委辦)為何？若為自辦採用何種方式(步行／車行)？若為委辦採用何種方式？(評選或價格標)	自辦，對特別檢測則部分委尤其他專業廠商辦理。
	問題與困難點	檢測辦理方式執行的困難點是什麼？	現地施工機具與通行路徑。
		檢測辦理方式能否掌握橋梁健康狀況？	可達九成以上。
		採用委辦方式時，如何查核委辦廠商執行情形與結果？	會與現地資料互相對照。
		對此項目相關意見或建議？	應由專業廠商辦理評估，而非用價格決定一切。
儀器設備	執行情形	現行目視檢測使用的設備有哪些？	透地雷達強度錘敲擊回音等設備。
	問題與困難點	目視檢測儀器設備的種類與數量是否足夠？	足夠。
		儀器檢測結果的精度能否反映橋梁健康狀況？若檢測不準，其原因為何？	因儀器檢測為反應局部狀況，故仍需使用多項儀器分析結果後在綜合判斷，若檢測不準多為資料不足所致。
		對此項目相關意見或建議？	應由專業廠商量測，並經橋梁專業人員綜合判斷。
後續維管問題	執行情形	檢測結果是怎麼運用的？	分為一般維修及後續補強。
	問題與困難點	若檢測發現橋梁損傷，是如何處理的？(如進行 NDT 檢測、破壞性檢測、評估修補方式之建議、修復經費之來源等)	建議進階檢測為維修補強設計。
		對此項目相關意見或建議？	因需成立預算故經常曠日費時，應有權宜機制對橋梁維護管理較有效率。

## 附二-13 實際檢測人員

1. 受談單位：公路總局第二區養護工程處埔里工務段

2. 受談人員：陳建華

3. 訪談內容：

項目	類別	回應內容
作業規定	問題與困難點	目前未有與橋梁檢測之相關認證。此外，雖然每年都有開辦橋梁檢測訓練課程，但是訓練課程有時間與名額限制，若無法來的及報名或參加訓練課程，則會導致橋梁評鑑因人員受訓項目遭受扣分。
	相關建議	無。
評估方式	問題與困難點	<p>(1)D.E.R.&amp;U.評估方式屬於個人主觀之檢測，雖然對D、E、R等值有範圍界定，或相關損傷定性描述，但由於每個人的看法不一，對同一座橋，不同檢測人員仍會有不同的判定結果。</p> <p>(2)對工務段同一檢測人員經年累月觀測與檢測結果，除非橋梁真有異常情形才會出現不同的檢測結果；但相同橋梁情形，對初來乍到之檢測人員，可能會有判定嚴重損傷之結果。抑或者，檢測人員同時進行數座橋梁之檢測，若起初檢測之橋梁有極度嚴重損傷之現象，後續橋梁損傷與之相比較後，反而顯得損傷不嚴重，也會導致判定對後面檢測橋梁之結果偏向安全。</p> <p>(3)D=3及E=3之判定都還好，但當R≥3登入至橋梁管理系統時，會受到橋梁管理系統列管要求工務單位1年內進行維修。因此，同時考量維修經費不足，及考慮橋梁本身安全性仍無疑慮之情況，並不會填寫R=3，以免遭受列管維修。</p>
	相關建議	不同人員執行交叉檢測，確認檢測客觀性，但會有人力不足之問題。
檢測項目	問題與困難點	目前D.E.R.&U.定檢表上21項檢測項目，僅對橋梁本體評估，並無包括外部危害因素之考量。也就是說，即使長期利用D.E.R.&U.檢測結果均為良好，橋梁本身也無安全問題，但因突如其來之外部危害因素（如過度(2~3倍)超載、洪水嚴重沖刷）對橋梁造成弱點攻擊，仍可能造成橋梁損壞。



項目	類別	回應內容
	相關建議	無。
檢測表格	問題與困難點	無。
	相關建議	無。
檢測等級	問題與困難點	(1)現有檢測等級安排對於山區橋梁仍屬恰當。 (2)山區許多老舊橋梁缺乏竣工圖說，尤其南投 921 地震之後，許多橋梁之設計資料已喪失。
	相關建議	除現有檢測屬於初步檢測的性質之外，建議 2 年或 3 年可以委外辦理橋梁總體檢，進行較詳細確實的檢查橋梁穩狀況。
檢測時機	問題與困難點	現有檢測頻率之安排對於山區橋梁仍屬還可以且必要，山區橋梁檢測頻率不宜降低，尤其愈是山裡的小型且老舊之橋梁，若過於忽視，往往最容易產生損傷。檢測頻率也不宜過高，否則太頻繁之檢測，也無法看出橋梁損傷之情形。
	相關建議	若要提高檢測頻率，則建議由不同人實施檢測，較能看出橋梁損傷之變化。
檢測人力	問題與困難點	人力通常不足，主要原因如下： (1)橋檢業務乃工務段人員兼辦事務之一，並非專職負責。 (2)橋檢是非常重要的工作，但自辦所需承擔的責任非常重，基層人員難以承擔，致使新進人員對承辦橋檢工作意願低或承辦人員流動快。
	相關建議	橋梁工作建議應該要交由專家進行較佳。
檢測經費	問題與困難點	無。
	相關建議	無。

項目	類別	回應內容
辦理方式	問題與困難點	<p>公路總局橋檢以自辦為主，主要憑藉工務段工程師經驗進行判定與記錄。</p> <p>(1)曾說過要推行認證制度，但後續均不了了之。</p> <p>(2)採取委辦方式，因受經費限制而不被允許實施；但採用自辦之方式，因為尚未有相關認證措施，導致自辦工務段檢測人員之判定結果常不被認可，也無從證明所判定之結果。</p>
	相關建議	<p>(1)認證制度之實施，以確認檢測人員資格與素質。</p> <p>(2)若能採取委外辦理，請專業廠商人員進行判定，可減少檢測判定爭議與判定變異性。</p>
儀器設備	問題與困難點	<p>(1)受地理環境影響，山區橋梁普遍跨徑小，致使大型橋梁檢測車無法使用，或因山區部分通行路行狹窄，致使大型橋梁檢測車無法通行及使用。</p> <p>(2)因為橋梁檢測車過於老舊，或是檢測車操作人員因為替換而不熟悉操作，致使橋梁檢測車使用上容易故障。</p> <p>(3)橋梁管理系統因為網路安全與用量考量，會對連線使用者網速不足者予以踢除，但山區工務處因網速慢，經常造成線上填檢測數據遭遇中斷之情形。</p> <p>(4)早期橋梁檢測有配置相關檢測配備，但長久以來沒有再更換或補充。</p>
	相關建議	<p>(1)橋梁檢測車等機具，建議應於一定年限後，因過於老舊或操作功能喪失而汰換。</p> <p>(2)要能有效率地辦理橋檢工作，軟、硬體應該均需調整與配合較佳。</p>
後續維管問題	執行情形	<p>工務段工程師進行橋梁檢測後，有問題之橋梁向上級單位呈報，經工程處派員巡視復查後，再決定採用進階檢測、詳細評估或維修措施。</p>
	相關建議	<p>無。</p>



## 附錄三

### 專家座談會內容



### 附錄三-1 第一次專家座談會意見與回覆情形

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
何鴻文	1.簡報內容對橋梁全生命周期管理流程順序為【管理→檢測→監測→評估→維修→補強】，建議將「監測」項目，移至「評估」與「維修」之間較恰當。	感謝委員指教，橋梁監測可能於新建之後立即進行，亦或於檢測、評估或補強後，視必要性進行，因此「監測」項目位置較有彈性。
	2.簡報中，有關公路養護手冊對檢查頻率規定，說明定期檢查頻率為「2年1次」或「1年2次」，請進一步確認。	感謝委員指正，簡報內容誤植情形已修正為「2年1次」。
	3.簡報內容有關公路養護手冊對經常巡查之規定：快速公路每週巡查至少一次，其他公路每週巡查至少兩次。其檢測頻率對象應為相反，請進一步確認。	感謝委員指正，報告內容誤植情形已修正。
	4. 公路總局定期檢查係於每年汛期前4月30日前完成檢查所有構件(21項)，並於汛期後每年11月15日前再辦理較易受颱風影響之河道、橋台基礎、橋台、橋墩保護措施、橋墩基礎及橋墩墩體等6項之檢查，請於報告內容加以補充說明。	感謝委員指教，將於報告中補充說明。
	5.簡報中，有關訪談人員對公路鋼結構橋梁將 A.B.C.D.N.精神納入 D.E.R.&U.之評估方式感到繁雜，而使用上費時不實務。建議以交通部運研所有關檢測制度研究作為參考。	感謝委員建議，已參考運研所 99 度「橋梁目視檢測評估手冊(草案)之研擬」相關內容，專家建議為維持「公路橋梁一般目視檢測手冊」之評估方式進行檢測。本研究將根據後續變異性分析結果，建議僅針對變異性較大之安全性相關項目採用該精神辦理。

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	<p>6.交通部運研所評估縣市政府管轄老舊橋梁之安全性及需修補之情形，與地方政府反映所需修補老舊橋梁意見有所出入。實際上，地方政府反映之老舊橋梁需要修補費用多為因應經濟發展而有擴寬需求，但橋梁本身並無安全疑慮。此一實情應補充說明。</p>	<p>感謝委員指教，將於報告中補充說明。</p>
	<p>7.公路總局雖有三級品管制度以稽核局內橋檢事務，但仍有工作落實之問題，因此未來也將橋檢事務朝委外方式辦理。但是，國內真正有素質之顧問公司數量有限，較偏遠地區之橋檢事務採委外辦理時，常遭遇顧問公司素質參差不齊之情形，且對橋檢事務委外的工作內容無所依循。因此希望後續能有相關研究，針對橋梁檢測事務能委外之工作內容加以明訂，及提出合理費用之計算方式，以供業主有所參考。此外，站在業主立場，對委外橋檢事務之執行品質如何確保，也應是相關研究內容。</p>	<p>感謝委員建議。本研究報告將補充說明：交通部以高公局委外辦理橋檢之契約內容為藍本，頒訂「橋梁檢測契約範本」，含工作範圍、履約工作事項、工作內容等項目，並透過契約中履約標的品管、罰則、驗收方式及遲延履約等條文，確保委外橋檢事務之執行品質，此契約範本可供各縣市政府及部屬單位作為參考。唯合理費用之計算方式，因依時空背景而有不同，仍有進一步討論之空間，有待另案辦理。</p>
	<p>8.國內橋梁於設計時未有設計年限之規定，試問如何探討國內橋梁之殘餘壽齡?</p>	<p>國內耐震設計規範地震等級之考量是基於 50 年壽齡內之超越機率，而美國最新規範考慮 75 年壽齡內之超越機率，隱含設計年限，但並不表示橋梁的確定壽</p>

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
		<p>命。有關橋梁壽齡之評估是目前國內外較熱門之研究課題，可以經由材料耐久性劣化趨勢配合較精準之結構耐震等分析進行探討。本研究以提供保全橋梁壽齡之評估決策模式為目的，橋梁壽齡評估研究請參考交通部運研所 MOTC-IOT-99-H1EB005，RC 橋梁材料耐久性評估與殘餘壽命預測之研究。</p>
林安彥	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 簡報內容中，「檢測」英文標示 Inspection，而對「目視檢測」之英文未有明定，請對此兩者加以確認及補充。</li> <li>2. 簡報內容對公路養護手冊之定期檢測頻率：5 年 1 次(完工 5 年內橋梁)，似有欠正確，請查明修正。</li> <li>3. 簡報內容對高公局之檢測頻率說明：一般橋梁每 2 年 1 次橋長超過 150m 或特殊橋梁每年 1 次。「橋長」建議修正為「橋梁跨徑」。</li> <li>4. 簡報提及利用維修指標 <i>CI</i>、<i>PI</i>、<i>FI</i> 或 <i>OPI</i> 等隨時間劣化曲線預估殘餘壽齡，請考量實務上是否可行？實際上，利用此種方式進行橋梁殘餘壽齡評估應是不可能的，因為現行以 D.E.R.&amp;U. 進行橋檢，只要 <math>D \geq 2</math> 即進行構件維修，因此維修指標應不可能隨時間而有持續劣化之情形。</li> </ol>	<p>參考交通部運研所 99 年度「橋梁目視檢測評估手冊(草案)之研擬」及國內碩博士論文研究用語使其統一，檢測為 Inspection，目視檢測為 Visual Inspection。</p> <p>感謝委員指正。簡報內容想要表示的是橋梁完工 5 年內需進行第 1 次檢測，將修改簡報表達方式，避免誤解。</p> <p>感謝委員指正，報告內容中誤植情形將加以修正。</p> <p>感謝委員建議，簡報所示為以維修手段延長橋梁壽齡之示意圖，該圖假設基於未採維修手段之維修指標趨勢，表示維修後壽命確實延長。實際情形確實如委員所述維修指標會因為養護工作而不可能有持續劣化之情形。</p>



委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	<p>5.簡報內容對狀況指標 <math>CI</math> 中，<math>I_{c_{ij}}</math> 的計算公式是否正確，請加以確認。</p>	<p>感謝委員指教，簡報公式係參考「交通部運研所 97 年度橋梁維護管理訓練講習講義」。當 <math>a=2</math> 以強調構件重要性時，而 <math>R^a/4^a</math> 值可能使得原本要強調構件重要性，反而變成降低構件重要性。但因該公式尚未普及，本研究報告仍遵照委員建議修正。</p>
	<p>6.簡報提到公路橋梁與鐵路鋼結構橋梁分別於 <math>D \geq 2</math>、<math>D=1</math> 須填寫其他指標，有不一致的判定情況，可參考交通部運研所委託中央大學姚乃嘉教授等人之研究報告。</p>	<p>感謝委員建議，已參考運研所 99 度「橋梁目視檢測評估手冊(草案)之研擬」相關內容，專家建議為維持「公路橋梁一般目視檢測手冊」之評估方式進行檢測。</p>
	<p>7.關於公路養護手冊規定：「完工五年內之新建橋梁若無特殊情況，應自完工後之第五年進行第一次定期檢測」之規定，建議新建橋梁完工通車一年以內即應辦理第一次檢測，並將橋梁資料鍵入橋梁資料庫備存，以免橋梁資料日久遺失。一方面，一年內執行第一次橋梁檢測若發現問題，較易於判定是施工不當所造成，或是養護不周所引起等責任歸屬問題；另一方面，許多老舊橋梁缺乏竣工圖說問題亦可由初期橋梁資料備存及檢查解決。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。</p>

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	8.目前國內橋梁檢測實務問題，在於橋梁管理單位作業是否落實，及人員、經費不足。	感謝委員指教。委員意見與本研究分析結果一致。
宋裕祺	1.研究單位對於研究課題之相關文獻蒐集頗為用心，應值得肯定。	感謝委員肯定。
	2.對於如何達到研究主題之具體作法宜再補充。	感謝委員建議。本研究為四年期之計劃，將於本期報告中補充說明四年計畫之研究目標以及各年度之具體做法，並於下次專家會議中說明。
	3.對於目前採用 D.E.R.&U.系統之橋檢評估方式，是否真能達到研究主題揭示之目標，宜再檢討。	感謝委員建議，本團隊將謹慎評估現行橋檢評估方式，及於後續工作建議橋檢有效實施之可行方式。
	4.對於各種可能的橋梁災損因素(如耐久性、耐震性、耐洪性等)，與橋梁殘餘壽齡間之關係如何界定?建議再加以研議。	感謝委員建議，有關橋梁壽齡之評估是目前國內外較熱門之研究課題，可以經由材料耐久性劣化趨勢配合較精準之結構耐震等分析進行探討。本研究以提供保全橋梁壽齡之評估決策模式為目的，橋梁壽齡評估研究請參考交通部運研所 MOTC-IOT-99-H1EB005，RC 橋梁材料耐久性評估與殘餘壽命預測之研究。

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
林曜滄	<p>1.D.E.R.&amp;U.是透過目視判定橋梁外觀健康狀況，只能看見外表的損傷，並採取回復外表損傷之修復工法，其判定結果很難與橋梁殘餘壽齡有直接之關聯性。另一方面，若能利用初步評估或是更進階的詳細評估，再搭配儀器檢測，較能明瞭橋梁健康狀況與評估殘餘壽齡。</p>	<p>感謝委員指教。委員意見與本研究工作計畫書之建議一致。</p>
	<p>2.國內老舊橋梁與特殊橋梁確實因初期未建置橋梁資料，而在後期橋檢時會有竣工圖說等基本資料不足之問題。建議特殊橋梁的部分應於施工完成後建立一些橋梁之基本資料，作為未來檢測評估之參考。國內特殊橋梁愈來愈多，最好是未來明確規範在特定環節、時間點上要求將特殊橋資料鍵入橋梁檢測系統。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。</p>
	<p>3.地方縣市政府因為經費不足，所以僅能用有限且少數的經費，辦理轄區內所有橋梁的橋檢事務，因而導致地方橋檢成果品質低落。希望能對橋檢目視檢測委外之費用、品質標準及人員之資格規定等，希望能制定出相關標準。</p>	<p>感謝委員建議，交通部以高公局委外辦理橋檢之契約內容為藍本，頒訂「橋梁檢測契約範本」，含工作範圍、履約工作事項、工作內容等項目，並透過契約中履約標的品管、罰則、驗收方式及遲延履約等條文，確保委外橋檢事務之執行品質，此契約範本可供各縣市政府及部屬單位作為參考。唯合理費用之計算方式，因依時空背景而有不同，仍有進一步討論之空間，有待另案辦理。本團隊也將對人員資格規定提出建議。</p>

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	<p>4.人員受訓很重要，執行橋檢人員最好由具設計概念之工程師執行。例如同樣觀察到混凝土橋構件有 0.3mm 裂縫，是屬於結構性之損傷或材料劣化之損傷對橋梁之影響程度不同，這是需要有經驗之檢測工程師才能判定出來，所以教育訓練非常重要，建議應制定人員資格檢測執照制度。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。</p>
	<p>5.橋梁檢測工作屬勞務性質，但有些單位之標案卻要求預繳納押標金(標案金額之 5%)似不合理，建議也納入探討。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入執行面問題考量。</p>
<p>賴順政</p>	<p>1.橋梁檢測目前的工作內容並未界定清楚。縣市政府在委託顧問公司時，只會盲目的搪塞橋梁的工作內容，使顧問公司每年的橋檢工作內容愈來愈多。因為縣市政府經費有限，但所要求橋檢工作內容愈來愈多的情況下，橋檢品質難以確保。建議應對橋梁作業方法與檢測內容進行相關規定。甚至有些位於農路或偏遠山區之橋梁，在經費不足的情況時，是否有需進行橋檢之需求，應可進一步檢討。</p>	<p>感謝委員建議，各橋梁管單位用於橋檢之經費、工作重點、契約發包考量層面不盡相同。交通部以高公局委外辦理橋檢之契約內容為藍本，頒訂「橋梁檢測契約範本」，含工作範圍、履約工作事項、工作內容等項目，並透過契約中履約標的品管、罰則、驗收方式及遲延履約等條文，確保委外橋檢事務之執行品質，此契約範本可供各縣市政府及部屬單位作為參考。唯合理費用之計算方式，因依時空背景而有不同，仍有進一步討論之空間，有待另案辦理。偏遠山區橋梁巡檢頻率可以較低，但定檢頻率目前仍須受制於公路養護手冊之規定，以確保其安全性。</p>

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	<p>2.國內目前雖然有許多橋梁檢測相關之圖書，但每本圖書所陳述之檢測標準不盡相同；此外，目前橋檢採用採用 D.E.R.&amp;U.評估方式，以 0~4 的等級作為橋梁損傷區分似乎太過粗略，而有些書籍對結構損傷裂縫之情形如何與 D.E.R.&amp;U.評估方式結合亦未建立關係。</p>	<p>感謝委員建議。橋檢判定除了參考手冊之外，檢測人員之資格與經驗相當重要。參考國內外經驗，構件損傷分 4 級應屬適宜。國內交通部已於每年度統一辦理橋檢教育訓練，會說明如何以 D.E.R.&amp;U.評估方式判定結構損傷裂縫之情形。</p>
	<p>3.竣工資料經常沒有的情況，規範應納入相關規定，要求橋梁剛完工即強制建置於所規定之資料庫。</p>	<p>感謝委員建議，此舉與本團隊文獻回顧日本之初期檢測，及美國的初始檢測目的相符，本團隊將於後續實施建議納入相關內容。</p>
	<p>4.目前的橋梁管理系統具有維修工法建議選項，但目前系統內所訂之維修工項難以明確對應處理橋梁的損傷問題。</p>	<p>感謝委員指教，本團隊將納入執行面問題考量。</p>
	<p>5.以現行橋檢採用 D.E.R.&amp;U.評估方式，一但發現問題(例如混凝土剝落)，立即採用維修工法(例如除鏽)進行修補，此舉作為會不會將原本橋梁快顯現出來的損傷問題被掩蓋，而在日後則直接發生更嚴重的損傷情形。</p>	<p>感謝委員指教，此情形強調 D.E.R.&amp;U.評估方式重視橋檢人員素質的要求。若由無經驗人員實施橋檢，在修復工法上可能無法應做適當處置；而由有經驗的工程師實施橋檢，便會配合橋梁周遭狀況進行診斷，確切判定橋梁損傷問題及應採用之處置措施，避免日後發生更嚴重的損傷。</p>

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	6. 為利於國內長遠的橋梁工程發展，建議可對國內某些橋梁固定進行特定實驗，並保存實驗數據，以供未來進行統計及相關應用。	感謝委員建議，本研究將於後續實施建議納入相關內容。
彭康瑜	1. 橋梁風險評估之作法是否有初步之想法?	本研究工作計畫書已有初步構想，將於第二次專家會議中提請委員建議。
	2. 國內初步評估表每隔一段時間會進行改版，會使橋梁評估資料所提供的資訊無法連續。目前初步評估表的格式並未統一，建議國內應整合制定統一格式的初步評估表。	感謝委員建議，本研究將於後續實施建議納入相關內容，建議初評表改版時，應另邀資訊系統開發廠商共同考量資訊系統之因應措施與可行性。
	3. 美國 AASHTO CoRe Element Guide 2011 中調整構件等級為 4 級制，而 AASHTO 最新已頒布之橋梁評估手冊，除安全性外，也納入對極端事件、生命週期成本等考量，預計美國之橋梁管理系統 Pontis 5.2 會納入最新規定。	感謝委員指教。本研究文獻回顧將納入相關參考資料。
	4. 徐耀賜老師提議之數位式檢測為何? 是利用最新的光達(LiDAR)影像技術實施之檢測嗎?	徐老師提倡之數位式檢測是由三位橋梁專家先分別利用價廉易取得之數位攝影機進行橋梁檢測，藉助數位攝影機記錄，並透過三位專家開會診斷橋梁問題，及所應採取之處置措施，乃著重於補充現有橋梁管理系統及橋檢評估制度無法提供決策功能之問題。因此並非利用光達影像技術實施之檢測。

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	<p>5. 研究團隊欲將橋檢納入風險評估，可參考美國最近橋梁檢測手冊，及即將推出之橋梁管理系統 Pontis 5.2，該系統也含有極端事件等考量。亦可參考美國利用目視檢測支援橋梁管理系統，同時考量安全性、服務性等多目標決策模式之架構。</p>	<p>感謝委員指教，本團隊將蒐集相關文獻，對於可借鏡之處，將於後續研究納入相關內容。</p>
<p>陳添宇</p>	<p>1. 簡報中，有關高公局對檢測時機的訪談內容，提到檢測時機可增加時段。實際上，高公局之檢測頻率仍未增加。</p>	<p>感謝委員指正，訪談內容為高公局受訪人員對檢測時機之建議。研究報告將補充說明高公局實際檢測時機確實尚未更動。</p>
	<p>2. 簡報中，有關高公局對檢測表格的訪談內容，提及檢測表格未區分半年檢測及定期檢測項目。實際情況是表格確實沒有區分，但檢測項目是有區分的，需特別說明清楚。</p>	<p>感謝委員指教，本團隊將於研究報告中補充說明。</p>
	<p>3. 橋梁殘餘壽齡需由耐久性、安全性、服務性與經濟性等思考模式，以實質面綜合評估方法，得到橋梁殘餘壽齡決策模式。研究團隊若受時間及經費限制，須以橋梁管理系統為評估方法，建議能在方法論相關章節，加強說明研究的限制及評估的原因。</p>	<p>感謝委員建議，有關橋梁壽齡之評估是目前國內外較熱門之研究課題，可以經由材料耐久性劣化趨勢配合較精準之結構耐震等分析進行探討。本研究以提供保全橋梁壽齡之評估決策模式為目的，橋梁壽齡評估研究請參考交通部運研所 MOTC-IOT-99-H1EB005，RC 橋梁材料耐久性評估與殘餘壽命預測之研究。本研究關注於保全橋梁殘餘壽齡之決策模式，本年度先探討現行作法之問題，並參考</p>

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
		國外經驗等提出改進建議。下次會議將補充說明研究主題全程規畫。
	4. 橋梁管理系統主要提供公路管理機關維護作業的參考，配合D.E.R.&U.的評估方式，確實可作為即早進行維修之參考，但藉由系統判斷橋梁壽年仍有許多努力空間，建議就目前管理系統須達到該目標需加強的內容敘述，如全生命週期橋梁管理系統的建置、劣化曲線的研究、生命週期成本評估的方法等。	感謝委員建議，本研究將於文獻回顧補充說明。
	5. 各種檢測評估都有優缺點，沒有一種方法是絕對正確可靠的，如何在現有的基礎下能夠更詳實記錄劣化的狀況而不僅顯示分數，才是評估方法的核心。就目前實務的經驗與參考國外的作法，公路鋼結構橋梁檢測規範以D.E.R.&U.的評估方式搭配劣化態樣的描述，個人認為是較務實的做法，未來只要資料數據夠多，甚至可結合應用專家系統進行判定，唯一尚有討論空間的是鋼構梁的D值評估標準與混凝土橋不一致，形成現場評估工作的困擾。	感謝委員指教。委員意見將納入本研究專家建議。D值問題將參考運研所99度「橋梁目視檢測評估手冊(草案)之研擬」相關內容，依專家建議維持「公路橋梁一般目視檢測手冊」之評估方式進行檢測。



委員	專家學者意見	回覆辦理情形
	<p>6.高公局的橋檢事務採用委辦的方式，也知道一分錢一分貨的道理，經費有限的情況下，大型且有素質的顧問公司難以參與，因此高公局雖以價格標委辦橋檢事務，但仍有以下品質管理與確保手段：(1)現場抽查、(2)於招標文件中限定檢測廠商資料及(3)若抽查結果發現顧問公司檢測不實，將要求對檢測不實的橋梁，及前後筆橋梁要求重新檢測。</p>	<p>感謝委員指教。委員意見將納入本研究補充說明。</p>

## 附錄三-2 第二次專家座談會意見與回覆情形

委員	專家學者意見	回覆辦理情形
林安彥	1. 簡報 13 頁「若要提高檢測頻率，則建議由不同人實施檢測，較能看出橋梁損傷變化。」，依高工局之作法，是於每年的養護考核時辦理橋檢複核，以確定平時的檢測工作是否落實。	感謝委員建議。簡報內容為訪談人員之建議，委員的補充說明將納入本研究專家座談會建議。
	2. 簡報 15 頁「 $R \geq 3$ 登入至橋梁管理系統時，會受系統列管要求 1 年內維修，因此當經費不足且橋梁安全無虞時，橋檢人員不會輕易填寫 $R=3$ 。」，橋梁安全滋事體大，橋檢人員不至於因行政困難之考量而不確實填寫橋檢結果。	感謝委員指教。本頁簡報目的在於呈現橋檢問題，此點為部分訪談人員之意見，也並非所有橋檢人員均有此困擾，關鍵在於當評判 $R$ 超過 2 尚未達 3 時，有單位可能受到經費是否足夠之影響。此部分內容會修改為：評估 $D \geq 3$ 且 $R \geq 3$ 時，依系統提示應維修之訊息，會被列管要求於 1 年內維修(如：公路總局、北市等)。當評判 $R$ 超過 2 尚未達 3，若經費足夠，會以 $R=3$ 填報，以確保橋梁功能；假若個別單位維修經費不足，但橋梁安全無疑，可能會填 $R=2$ 。由此可知， $R$ 值之最終結果除技術面外，尚有執行層面之考量，惟 $R$ 值與維修列管工作有直接關係，確實不可因行政問題而影響其判定結果。本研究將建議當檢測評估 $D$ 或 $R$ 超過 2 尚未達 3，判定有疑慮時，可參考日本做法，以會議方式進行技術性判定。

<p>3. 簡報 17 頁「人力不足加橋檢技術性偏高，自辦橋檢正確性與品質有疑慮...」，事實上，若無人力不足的問題，則橋檢工作較適合以自辦方式實施，由固定人員進行檢查會更容易發現問題所在。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。內容亦修改為「人力不足加橋檢技術性偏高，若自辦橋檢工作之人員資格沒有限制，正確性與品質會受到質疑」。</p>
<p>4. 橋檢人員資格認定是目前工務單位發包委外時會遭遇的問題之一，目前並沒有政府實質認可的訓練及認證單位。</p>	<p>感謝委員指教，委員意見與本研究結果一致。檢測人員資格已於相關規範解說中提供多種途徑，據悉，未納入條文之原因是考慮配合技師法對技師執業範圍之規定、規範解說仍有等同於規範條文之法律效力、強化管理單位負責制以及交通部已於每年度定期辦理相關教育訓練，另外，橋檢人員培訓需求能量不足以設立專職培訓機構，建議在目前的制度下，招標契約中明訂承包商檢測人員資格，特別是受訓時數及檢測經驗實績；另針對橋管單位之相關人員提供在職訓練，提升專業與技術能力。未來可朝向建立執照制度發展。</p>
<p>5. 簡報 29 頁「(草案) D 值判定已考慮損傷對橋梁功能失效之影響。」，如此，D 的評估意義是否會與 R 有重疊？</p>	<p>感謝委員指教。依據 D.E.R.&amp;U. 之精神，D 表示劣化損傷程度，R 表示其對橋梁安全性與服務性之影響，有所區別。評估草案部份項目 D 值之評估標準，含有損傷對於橋梁功能性影響之描述。例如，表 3-10 欄杆及護牆劣化程度判定標準：「金屬欄杆構件發生顯著損傷、變形或凹陷，其功能性稍微降低，且有傾斜情形，但不影響車流 D=3；金屬欄杆構件發生嚴重損</p>

		<p>傷、變形或凹陷，部分欄杆喪失功能，有傾斜情形，且對車流有影響 D=4；護牆混凝土結構劣化程度判定標準請參考表 3-16，當損傷劣化情形恐危急行車及用路人安全時，應給予較高之評估值(D 值)」。</p> <p>據了解，其目的僅在於讓檢測人員比較能夠領會、評分，並非要變更 D 的定義，使之與 R 重疊。本研究應用風險=危害潛勢×易損性×後果之原理，考慮各種風險來源對應之危害潛勢對於同一橋梁之各構件而言是相同的，直接組合 D 與 E 以表示構件功能失效之可能性(易損性)P，再以構件權重代表構件功能失效後引發橋梁功能失效之嚴重性，亦即後果指標 <math>w_i^*</math>，計算構件關鍵性指標 <math>R_i^*</math>，代表構件損傷現況影響橋梁功能之風險。</p>
何鴻文	<p>1. 目前公路總局的橋檢工作皆以自辦為主，但隨著政府人事精簡，橋檢工作委外將會是未來的趨勢，因此橋檢人員的資格認證規範化是必要的。</p>	<p>感謝委員指教，委員意見與本研究結果一致。檢測人員資格已於相關規範解說中提供多種途徑，據悉，未納入條文之原因是考慮配合技師法對技師執業範圍之規定、規範解說仍有等同於規範條文之法律效力、強化管理單位負責制以及交通部已於每年度定期辦理相關教育訓練，另外，橋檢人員培訓需求能量不足以設立專職培訓機構，建議在目前的制度下，招標契約中明訂承包商檢測人員資格，特別是受訓時數及檢測經驗實績；另針對橋管單位之相關人員提供在職訓練，提升專業與技術能力。未來可朝向建立執照制度發展。</p>

<p>2. 關於國外的初始檢測作法，可以考慮以下兩種方式：1.驗收等同初始檢測通過；2.驗收後必須進行初始檢測，若採第二種方式則可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會負責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障。此外，若採第二種方式，則建議由施工單位於初始檢測時建置橋梁基本資料。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議：參考國外初期或初始檢測作法，國內可以考慮以下三種方式：1.驗收等同初始檢測通過，但該方式幾乎等同現行作法，難彰顯效益；2.驗收後必須進行初始檢測，惟可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會負責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障；3.因國內已要求至少 5 年內完成第一次橋梁檢測，相關資料亦會納入橋梁管理系統，以此資料作為初期檢測資料，但該方法基於第一次定檢，對於早期發生的問題，恐不能儘早發現。橋梁管理單位可自行決定採用何種方式，但建議愈早愈好，且須於橋梁管理系統中建立初始資料，以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率、初始檢測等資料建立為原則。</p>
<p>3. 簡報中提到國外的橋檢工作除了依靠人員判斷之外還有增加會議討論的方式以評估橋梁狀況，是否可於後續的研究中將此項目納入有效實施建議？</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。例如：當檢測評估 D 或 R 超過 2 尚未達 3，判定有疑慮時，可參考日本做法，以會議方式進行技術性判定。</p>
<p>4. 簡報所列關鍵檢測項目的前 5 名中並沒有包含橋墩基礎或橋台基礎，此結果是參考何處的資料？</p>	<p>簡報中的主要檢測項目是要將 D.E.R.&amp;U. 法之檢測項目納入 A.B.C.D.N.之精神後，以破壞模式細分再進行評估者。為了降低工作量，僅挑選影響橋梁功能權重較高</p>

		<p>且於國內損傷之機率也高者進行排序，簡報中已說明權重資料參考運研所報告，而橋梁構件損傷頻率資料是參考運研所 100 年度橋梁維管訓練資料，含橋梁管理系統 98 年度以前全臺有損傷橋梁構件的統計結果。簡報過程中已說明由於橋墩基礎的損傷機率為 1.3%；橋台基礎為 0.7%，兩者的損傷機率明顯較低，因此未能列入關鍵檢測項目的前 5 名。後續將以此精神，採用 <math>D \geq 3</math> 的構件損傷頻率統計資料，再排序。</p>
	<p>5. 續問題 4，具有沖刷危害風險的橋梁占全臺橋梁總數的比例並不高，因此，以全臺橋梁的構件損傷機率訂定關鍵檢測項目的作法將會輕估橋梁沖刷損壞的問題，然而沖刷卻又是臺灣橋梁損壞的主因，因此建議仍須保留橋墩基礎與橋台基礎的評估項目。</p>	<p>簡報中的主要檢測項目是要將 D.E.R.&amp;U. 法之檢測項目納入 A.B.C.D.N. 之精神後，以破壞模式細分再進行評估者。為了降低工作量，僅挑選影響橋梁功能權重較高且於國內損傷之機率也高者，代表全臺橋梁構件類別中，影響橋梁功能風險較高之構件類別。因橋墩基礎或橋台基礎的損傷比例相對低而未能入選為主要構件，只表示不需細分破壞模式評分，而可直接採用既有 D.E.R.&amp;U. 法針對單一構件進行評分，只是現行作法受評估人員主觀性影響較大，並不會有輕估沖刷損壞的問題。</p>
	<p>6. 簡報 27 頁所提多段式評估，將構件的損傷方式分成多個項目，每個項目又必須根據不同的 D 值評估其損傷範圍百分比，是否會增加橋檢的工作量？</p>	<p>為避免增加太多的工作量，故本研究僅針對上述少量的主要檢測項目進行細項判定，經由細項判定可以詳細記錄構件損傷原因，並且降低 D 值與 E 值的變異程度。</p>

	<p>7. 建議在訂定橋檢頻率時可參考橋梁的實際狀況予以調整，若橋梁近幾次的檢測結果皆為良好，則可考慮放寬其檢測頻率。</p>	<p>依國內橋檢規定，橋梁之定檢頻率為2年至少檢查1次，且提供彈性增減之空間，經核准最低可降為4年1次，應符合實際需求。</p>
<p>賴順政</p>	<p>1. 橋檢實務的基本要求為檢查工作的落實與檢測資料的正確，此外，檢測結果之綜合判斷則須依據專業程度而定，因此，有效的分析評估方法對於改善整體檢測品質將有很大的助益。</p>	<p>委員意見與本研究目前所努力的方向一致。</p>
	<p>2. 目前橋檢的 D.E.R.&amp;U. 評估無法真正反應橋梁的劣化與風險狀況，本研究納入多段式評估及風險因子考量為正確方向，惟實務執行時是否可行，請考量。</p>	<p>感謝委員建議。本研究建議納入之多段式評估，有助於降低後續分析評估的變異性，而又僅針對少量主要構件，工作量增加不會太大。而風險因子之考量，的目是為了強化目視檢測結果與橋梁狀況及外在風險來源以及損傷後果之間的連結，以期提昇檢測資料的應用價值。在構件層級，因仍注重於橋梁構件現況，僅應用構件劣化損傷程度與範圍即可加以計算，不會因此增加現場檢測人員的工作量；而於橋梁層級，目標已不再是構件狀況之檢測，而是要將其結果以及其他相關資料有效納入橋梁風險評估，有如現行初步評估表亦納入其他相關資料，惟本計畫採用風險評估之方法，實務面應該可行；而串接後續的維管決策，如詳評、補強等，可有效應用前面的資料，所以，對於橋梁檢測、評估、維修補強以及其他決策而言，整體上更有經濟效益。</p>

	<p>3. 現場檢測表單應以簡單且容易執行為主，後續的分析評估工作則以達到系統化處理為佳。</p>	<p>委員建議與簡報建議之「現場填表不宜複雜，詳細資料宜於橋梁管理系統儲存」一致。本研究將納入委員建議。</p>
	<p>4. 初始檢測建議以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率等資料建立為原則，至於是否執行初始檢測可由各橋梁管理單位決定。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議：參考國外初期或初始檢測作法，國內可以考慮以下三種方式：1.驗收等同初始檢測通過，但該方式幾乎等同現行作法，難彰顯效益；2.驗收後必須進行初始檢測，惟可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會有責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障；3.因國內已要求至少 5 年內完成第一次橋梁檢測，相關資料亦會納入橋梁管理系統，以此資料作為初期檢測資料，但該方法基於第一次定檢，對於早期發生的問題，恐不能儘早發現。橋梁管理單位可自行決定採用何種方式，但建議愈早愈好，且須於橋梁管理系統中建立初始資料，以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率、初始檢測等資料建立為原則。</p>
<p>林曜滄</p>	<p>1. 關於人員資格部分，以國內橋檢規模而言似乎無法設立一專門機構負責辦理人員認證或教育訓練，但可在招標文件或契約中明文規定，以確保人員素質。現階段建議研究單位能制定相關範本以供橋梁管理單位參考。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議：檢測人員資格已於相關規範解說中提供多種途徑，據悉，未納入條文之原因是考慮配合技師法對技師執業範圍之規定、規範解說仍有等同於規範條文之法律效力、強化管理單位負責制以及交通部已於每年度定期辦理相關教育訓練，另外，橋檢人員培訓需</p>



		<p>求能量不足以設立專職培訓機構，建議在目前的制度下，可於招標契約中明訂承包商檢測人員資格，特別是受訓時數及檢測經驗實績；另針對橋管單位之相關人員提供在職訓練，提升專業與技術能力。未來可朝向建立執照制度發展。因檢測人員資格已於相關規範解說明確建議，建議納入交通部頒訂之「橋梁檢測契約範本」中。</p>
	<p>2. 檢測人員應有 2 年以上資歷；評估人員則應有 5 年以上資歷，在本研究的案例分析中似乎較能符合品質要求。</p>	<p>感謝委員建議。本研究案例分析中的年資是確實執行橋梁檢測工作之年資，符合品質要求，檢測人員、評估人員資格已於相關規範解說中明確建議。</p>
	<p>3. 竣工資料應於完工初期建檔，至於初檢是否須等完工 5 年後再建立，應視機關經費預算而定，建議愈早愈好，若有問題可依保固責任進行修復改善。</p>	<p>感謝委員建議。委員建議「竣工資料應於完工初期建檔」與簡報內容所建議「新建橋梁竣工時將竣工資料納入橋梁管理系統」一致。初檢建議將納入本研究相關建議：參考國外初期或初始檢測作法，國內可以考慮以下三種方式：1. 驗收等同初始檢測通過，但該方式幾乎等同現行作法，難彰顯效益；2. 驗收後必須進行初始檢測，惟可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會有責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障；3. 因國內已要求至少 5 年內完成第一次橋梁檢測，相關資料亦會納入橋梁管理系統，以此資料作為初期檢測資料，但該方法基於第一次定檢，對於早期發生的問</p>

		題，恐不能儘早發現。橋梁管理單位可自行決定採用何種方式，但建議愈早愈好，且須於橋梁管理系統中建立初始資料，以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率、初始檢測等資料建立為原則。
	4. 農路或偏遠山區橋梁之定檢頻率是否放寬，建議應由道路重要性來決定，如山區省道或無替代路線之橋梁，建議仍不宜放寬。	感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議：農路或偏遠山區橋梁之定檢頻率可再檢討，但重要橋梁，例如省道或無替代路線之橋梁，以及健康狀況不佳的橋梁，定檢頻率不宜調降。
	5. 橋檢人員之教育訓練應該要明文規定，有助於人員素質的提升。	感謝委員建議。詳見意見 1.之回覆。
	6. 關於委託檢測服務費之計算，建議研究單位能於報告中納入提供機關參考。	感謝委員建議，合理費用之計算會依時空背景而有不同，建議另案辦理。
鄧文廣	1. 本研究之標題為「橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發」，而目前的研究內容較集中於D.E.R.&U.法的改進，建議於報告中強調目前工作內容與標題之關聯性。	感謝委員建議。本次召開第二次專家座談會，主要呈現期中以後的工作成果，其中，除了制度面與執行面的實施建議以外，就是相關評估方法的技術面。本研究全程以建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式為目標，經由落實檢測工作，確實掌握橋梁狀況與易損性，了解可能的與關鍵的風險來源以及維護管理工作重點，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。本期探討與分析國內橋梁檢測制度規定

		<p>與執行情形之問題與困難，吸取國外作法之優點，結合國內專家建議，現地橋檢人員變異性分析結果，提出本土化橋梁檢測有效實施之建議，以及橋梁檢測評估與國內相關規範、資訊系統有效結合實施之建議，並提出風險評估之規劃。報告中會遵照委員建議，強調目前工作內容與標題之關聯性。</p>
	<p>2. 以風險管理做為研究基礎是可行的，惟風險與本研究案之聯繫為何應該詳述之。</p>	<p>感謝委員建議。國內橋檢工作主要反映橋梁構件狀況，而狀況良好之橋梁仍有受災損傷之風險，若橋梁檢測結果能為橋梁風險管理決策模式所應用，便可以由維護管理前端工作開始掌握維護管理工作重點，控制橋梁災損風險，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。另參見意見 1. 之回覆。</p>
	<p>3. 目前橋梁構件檢測分為 21 項，哪幾個項目與研究題目有關須詳細說明，建議可依其對橋梁安全的重要性作為區分考量。</p>	<p>感謝委員之建議。目前橋檢項目均與安全性以及使用服務性相關，對於橋梁整體功能而言，均會納入考量，惟若針對不同風險來源，會做區分，將於後期研究中納入考量。</p>
	<p>4. 以 D、E 二值涵蓋 D.E.R.&amp;U. 評估法之全部功能，須有理論依據，而非僅以人員執行問題為簡化考量。</p>	<p>感謝委員指教。本研究應用風險評估原理，亦即：風險=危害潛勢×易損性×後果，考慮各種風險來源對應之危害潛勢對於同一橋梁之各構件而言是相同的，直接組合 D 與 E 以表示構件功能失效之可能性(易損性)P，再以構件權重代表構件功能失效後引發橋梁功能失效之嚴重性，亦即後果指標 <math>w_i^*</math>，</p>

		<p>代入上述公式，計算構件關鍵性指標 <math>R_i^*</math>，代表構件損傷現況影響橋梁功能之風險。而後續納入橋梁層級之風險管理，期能解決執行人員所顧慮之「狀況良好之橋梁仍有受災損傷之風險」問題。</p>
	<p>5. 多段式評估將一個構件又分為多個細項各別評估 D 值與 E 值，最後如何統整計算屬於該構件的 D、E 值大小？細分的目的又為何？</p>	<p>感謝委員指教。國內『公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範』已於 D.E.R.&amp;U.法納入 A.B.C.D.N.法精神，即是將檢測項目細分為多個劣化損傷模式進行評估，目的在於了解構件可能的破壞模式，與國外做法也一致。多段式評估是將損傷範圍細分，以減小檢測結果變異性。細分後的統整方式，無論是採用取最大值還是加權平均都有不合理之處，此議題『橋梁目視檢測評估手冊(草案)』研究中已提及，所以仍建議維持既有做法，統整方式由人員評估判定。</p>
	<p>6. 技師不一定具有橋梁目視檢測的專業能力與經驗，建議於契約中列入橋檢人員的受訓時數要求即可。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議：建議在目前的制度下，招標契約中明訂承包商檢測人員資格，特別是受訓時數及檢測經驗實績。</p>
	<p>7. 研究人員資歷對 D.E.R.&amp;U.評估結果變異性的影響是可行的方向，惟分析案例中人員資歷的差異並不够明顯，可能無法得到預期的結果。</p>	<p>感謝委員指教。本研究案例採用的檢測人員資歷差異是依照實際訪談結果而定，依實際檢測經驗&lt;2年、2~5年以及&gt;5年分三組，每組10人，其中5年以上人員亦含有10年以上經驗者，足以反應不同人員檢測結果的變異性。</p>

	8. 初檢的建議與工程驗收之間並無違背問題，若初檢發現問題可要求施工廠商依契約保固規定進行修復。	感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。
宋裕祺	1. 研究單位在相關文獻回顧方面著墨甚多，資料蒐集完整，顯見研究單位對研究背景探討頗為用心。	感謝委員肯定。
	2. 建議報告內容未來可針對研究主題之達成方式再多加闡述(或許目前僅為四年期計畫之第一年，年度重點多在文獻探討)。	感謝委員建議。本研究全程以建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式為目標，經由落實檢測工作，確實掌握橋梁狀況與易損性，了解可能的與關鍵的風險來源以及維護管理工作重點，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。本期工作目標在探討與分析國內橋梁檢測制度規定與執行情形之問題與困難，吸取國外作法之優點，結合國內專家建議，現地橋檢人員變異性分析結果，提出本土化橋梁檢測有效實施之建議，以及橋梁檢測評估與國內相關規範、資訊系統有效結合實施之建議，並提出風險評估之規劃。相關說明將於報告內容中呈現。
	3. 研究內容著重在目前TBMS之D.E.R.&U.系統的改良，並增加分析模組，為此種作法是否真能達到目標，請再酌予考量。	感謝委員指教。D.E.R.&U.法與A.B.C.D.N.法之取捨或結合已長期受到關注，目前現況基本上以D.E.R.&U.法或結合A.B.C.D.N.法精神之D.E.R.&U.法為主，以讓行之有年的橋檢工作與檢測資料有

		統一的基準，橋梁管理系統資料亦得以持續應用。本研究之目的參見第 2 點之回覆，本團隊有信心達成該研究目標。
	4. 評估方法中各種權重係數之採用宜有理論根據，因為不同權重係數將導致不同評估結果，建議報告中予以詳細說明。	感謝委員建議。國內橋梁檢測已行之有年，橋梁構件之權重已於許多研究中探討過，為避免重複利用資源，構件權重將直接應用既有研究成果，本團隊會於研究報告中說明權重係數的採用依據。
	5. 本計畫之定位建議於報告中闡述之，係改良目前的 TBMS 或是於 TBMS 之下增加分析模式，抑或是獨立於 TBMS 之外？	感謝委員建議。本計畫全程以建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式為目標，依本期工作內容要求，需考量未來與 TBMS 資訊系統結合之可行性，所以，簡報內容才提及系統面配合的方式，並非要改良系統，可以增加分析模式，亦可獨立於 TBMS 以外。
陳添宇	1. 人員訪談內容範圍涉及多種面向，建議能從制度面、管理面及技術面等三類分別敘述，以本研究影響評估決策為主軸，以增加研究的效益。	感謝委員建議，將納入考量。
	2. 由文獻資料可知，目前以橋梁管理系統為基礎探討各種指標的研究甚多，可否就現有資料予以分析篩選，找出合適可用的內容，而不需要再增加新的指標。	感謝委員指教。目前基於橋梁管理系統所發展的指標鮮少與風險管理有關，也因此，橋管人員依然顧慮健康狀況良好之橋梁仍有災損風險。本研究所提之方法仍適用於舊有歷史橋檢資料的分析，同時將結果指標賦予風險的概念，其目的是為了建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式，達成本計畫目標。

<p>3. D.E.R.&amp;U.法係以目視檢測評估橋梁安全現況，與風險來源無關，本研究如何有效建立風險來源？</p>	<p>本計畫全程將應用風險評估原理於橋梁層級與構件層級，本期所建議之構件層級風險評估是以組成橋梁的構件為標的，考慮各種風險來源對應之危害潛勢對於同一橋梁之各構件而言是相同的，所以本期不會考慮風險來源。風險來源將於後續橋梁層級之應用中，經由系統性風險辨識來建立。</p>
<p>4. 目前橋梁管理系統評鑑方式係以D與R皆大於等於3為條件，3年內必須進行維修，與簡報所謂1年內必須維修似有出入，建議釐清。</p>	<p>感謝委員指教。簡報內容實為依據系統資料<math>D \geq 3</math>且<math>R \geq 3</math>者，公路總局、北市等單位列管為1年內必須維修。依據D.E.R.&amp;U.法之精神，橋梁構件維修急迫性應以U來決定，例如：U=3要於1年內維修，U=2是3年內維修...；但交通部運研所考慮公務機關在執行業務時，是在前一年度編列預算，且因預算額度有限，橋梁維修預算有時候並不會被排為優先，強制管理機關按U值定義的維修年做很難落實，才於橋梁維護管理作業評鑑中定出<math>D \geq 3</math>且<math>R \geq 3</math>是應維修的橋梁的標準，並以當年度不算的前三年檢測資料來檢討。假若列管的目的只是為了評鑑，可以說3年內維修，但系統僅是提示，並非列管，所以，評鑑年限與依據D.E.R.&amp;U.檢測結果列管的維修年限應該區別。公路總局、北市等單位針對<math>D \geq 3</math>且<math>R \geq 3</math>者列管為1年內必須維修，與D.E.R.&amp;U.法U=3要於1年內維修之精神相符。</p>

	<p>5. 橋梁殘餘壽齡正是公部門關注的議題，就本案在經費及期程允許下，能對此方向加以著墨。</p>	<p>感謝委員建議。橋梁殘餘壽齡評估已有相關研究著墨，請參考交通部運研所 MOTC-IOT-99-H1EB005，『RC 橋梁材料耐久性評估與殘餘壽命預測之研究』，為避免資源浪費，本研究仍以建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式為目標。</p>
<p>彭康瑜</p>	<p>1. 目前臺灣橋梁目視檢測作業最大的問題在於沒有 coding guide 可供參考，無論是以文字定性描述或照片示範說明等方式，有統一的 coding guide 配合人員訓練即可有效地降低橋檢結果的變異性。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。交通部運研所『橋梁目視檢測評估手冊(草案)』已對此有相當改進。</p>
	<p>2. 簡報 29 頁中的步驟二，為何藉由 D 與 E 的評估可獲得構件損傷可能性指標 P？由單一次的橋檢結果如何算出與機率相關的參數？</p>	<p>P 的完整定義為「構件功能失效之可能性」。本研究應用風險評估原理，亦即：風險=危害潛勢×易損性×後果，考慮各種風險來源對應之危害潛勢對於同一橋梁之各構件而言是相同的，直接組合 D 與 E 以表示構件功能失效之可能性(易損性)P，再以構件權重代表構件功能失效後引發橋梁功能失效之嚴重性，亦即後果指標 <math>w_i^*</math>，代入上述公式，計算構件關鍵性指標 <math>R_i^*</math>，代表構件損傷現況影響橋梁功能之風險。構件功能失效之可能性 P 值與其損傷程度與範圍有關，除了簡單算試計算以外，為了區別如 D=1 且 E=4 以及 D=4 且 E=1 對應之構件功能失效可能性之差異，本研究將建立矩陣表來查詢。</p>



	<p>3. 有關人員資格的要求，技師簽證仍是目前國內的法定規則，而檢測人員應要求其訓練時數符合一定標準。</p>	<p>感謝委員建議，本團隊將納入本研究相關建議。</p>
--	--	------------------------------

## 附錄四

# 期中及期末審查意見及回覆表



## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

審查委員意見	回覆內容
臺北科技大學土木系施邦築教授	
1.對國內外橋梁檢測的資料蒐集、分析當深入，建議朝橋梁餘壽之判斷有所連繫。	感謝委員之建議。研究全程均會留意補充相關資料，橋梁餘壽之判定已於文獻回顧中呈現，將於後續工作之結合實施建議中納入連繫。
2.期中報告在養護管理層級的橋梁系統有深入檢討，但這主要針對橋梁結構的老劣化，若後續研究要討論風險分析，則必需探討地震、颱洪等外力的影響，因此針對災害的專案檢測管理方式（如震後、颱洪後的檢測）亦有所分析。	感謝委員之建議。因應未來風險管理之技術研發，將於期末報告中補充國內特別檢查之相關項目。
3.對以後台灣橋梁檢測有效施行之建議，主要分技術面及體制面，建設在瞭解問題所在後，提出可行，尤其地方政府、公路局工務後可操作的建議。	感謝委員之建議，將於後續工作中慎重考量。
桃園縣政府交通局高邦基局長	
1.橋梁檢測人員資格及制度建立具體之作法，未來應明確建議之。	感謝委員之建議，將於後續工作之實施建議中納入。
2.橋梁目視檢查或其他檢測成果是否宜結合跨河構造物河川流域整治或歷史災害資料併入資料庫，請參考。	感謝委員之建議，本計畫全程將整合國內目前橋檢項目以及初步評估表相關項目，以風險管理之理論提出保全橋梁壽齡之決策模式，符合委員期望。
3.現況橋梁檢測機關訪談可考量予以增加，或用問卷調查。	感謝委員之建議，本案會考量增加偏遠山區橋檢負責人員訪談，納入其意見。
4.橋梁破壞型態及致災原因是否宜與橋梁檢測相連結，請參考。	感謝委員之建議。如第2點意見回覆，本計畫全程將採用風險管理之理論，所以，會連結橋梁破壞型態及致災原因，符合委員期望。

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

運研所港研中心第一科張道光研究員	
1. 報告 3-11~3-12 介紹 AASHTO- NBE 橋梁構件，請說明其與前後文章 FHWA 的 SI&A 構件項目之關連性。	感謝委員之意見。報告 3-8 頁說明了構件評量可採 FHWA 或 AASHTO (CoRe Element)之相關規定，而 3-11 頁已說明 2010 年 AASHTO 最新定亦三類構件，“既有規定之 CoRe Element 將由 NBE 構件來定義，…目前該版新構件檢測尚沒有與 NBI 的橋梁能力評等相關聯”。
2. 第六章國內目前橋梁檢測執行情形之探討分析結果似乎有點凌亂、重著在小細節，應將各單位執行之困難點重點釐清。	感謝委員之意見。會依據簡報內容，補充“小結”，重點釐清執行面與技術面之困難點。
3. 報告只將美日列表比較檢測制度，臺灣另列三單位互相比較，建議加列以美日臺三者列表比較。	感謝委員之意見，將於後續實施建議或結論時將三者彙整比較。
運研所港研中心第一科林雅雯研究員	
1. 承載能力、耐洪、耐震能力評估報告儘量列出國內表格，建議補充美國、日本如何評估，以便日後風險評估更完整。	感謝委員之意見，未來進入風險管理相關研究時，會依工作重點將相關國外評估方法及資料納入。
2. 建議列出 FHWA 橋梁檢測訓練課程內容。	感謝委員之意見，會於期末報告中補充。
3. SR 評估項目及精神，建議再補充說明。	感謝委員之意見，請參見報告 3-15 與 3-16 頁。
4. 日本的橋梁檢測表格建議補充。	感謝委員之意見，會於期末報告中補充。

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
逢甲大學運輸科技與管理系徐耀賜教授		
1. 交通部「公路養護手冊」日後將改為「公路養護規範」，細節由主管單位自訂。	感謝委員指教，本團隊未來會持續留意相關發展。	同意辦理
2. (RC、PC)橋樑構件之裂縫或可分為結構裂縫與材料裂縫，如何避免裂縫之缺陷被誇大？	為了確保橋梁檢測結果，建議從以下方式著手：1.建立一致的橋檢評估標準(含圖像及評估準則)、2.透過受訓、資格認證及經驗傳承培養檢測人員專業素質、3.透過複查機制以確保橋檢結果正確性。相關內容已於期末成果報告中說明。	同意辦理
3. DERU 與 ABCDN 法之侷限性或可彙整，例如 TBMS 補強方法不易。	感謝委員建議。評估法之侷限性已彙整於報告中；原報告建議之橋管系統完善與更新修復工法，因系統有使用者自定工法之功能，再加上委員意見認為補強方法太多又不易，故予以刪除。	同意辦理
4. 橋檢人員之回訓亦應敘明。	感謝委員建議，將於期末成果報告中補充。	同意辦理
5. 橋樑補強之概念可敘明其與橋樑結構系統之關係。	感謝委員建議。橋梁補強除了針對構材以外，可以採用變更結構系統之方式，例如，增設橫樑、隔震支承等。	同意辦理

交通部運輸研究所合作研究計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
6. 檢測頻率或應與材齡結合。	本研究建議橋梁檢測頻率可依據橋梁風險高低來調整檢測頻率，而影響風險之易損性因子即包括材齡，與委員建議一致。	同意辦理
7. 橋檢公司不得連續二或三次，此舉亦可檢核其中之差異性。	感謝委員建議。依據本研究搜集之專家意見與訪談意見，可分為兩類，一類希望橋檢由不同人員來執行較易發現問題，而另一類則認為由固定人員來執行更容易確實掌控橋梁問題所在。兩種做法各有利弊，管理單位需要權衡。	同意辦理
8. “蜂窩”列入檢測項目不適，惟可附註。	感謝委員建議。依據本研究所回顧之國內、外相關文獻，均將“蜂窩”列入混凝土構件之檢測劣化模式之一，此舉有利於針對工程驗收後才發現之蜂窩問題進行處置。	同意辦理
9. 橋樑檢測手冊或可細分，例如：RCT、PCI、Steel、Steel Box……。	制度面上，各規範手冊於訂定時，即已限定其適用範圍，本研究不再針對此點進行規定。	同意辦理
桃園縣政府交通局高邦基局長		
1. 報告詳實，建議予以審查通過。	感謝委員肯定。	同意辦理

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
成功大學土木工程系倪勝火教授		
1. 2. P2-43 對 DER&U 之定義，應放在 P2-40 之 2.1.2.3 節之 1 項內。	遵照辦理。	同意辦理
2. 首內頁請加入執行單位之名稱。	遵照辦理。	同意辦理
3. 美國之破壞檢測(P2-4)可否補充說明(damage 譯成破壞是否適當，是否會誤導)。	依委員建議修訂為「損傷檢測」。	同意辦理
4. 橋梁殘壽之評估，是否應納入橋樑基礎部份。	感謝委員建議。將材料劣化模式納入橋梁性能評估而決定殘壽之評估法，會納入基礎部分考量。	同意辦理
5. 各國規範之異同性，是否可補列表說明。	原期末報告結論已有美、日、台差異比較表。	同意辦理
6. 檢測在建立資料部份，是否納入現存橋梁之原始(興建時)之資料。	感謝委員建議，將於期末成果報告中補充。	同意辦理
7. 在現地檢測作業之變異性分析，是否補充在未來可有量化之作法，以建立檢測之信心(可靠)度。	詳細與完整的現地檢測作業變異性分析與可靠度分析需要蒐集更多資料，建議另案辦理。	同意辦理
8. 期中及期末審查意見與答覆請納入期末報告。	遵照辦理。	同意辦理



## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
運研所運工組巫柏蕙研究員(書面審查意見)		
1.P.2-3，一般需求(1)翻譯的有點奇怪；P.2-5，功能的需求(5)，以上看起來都不像是「需求」。文獻的摘整及詮釋可以再更好。	遵照委員建議修改。	同意辦理
2.P.2-11 說明了表 2-5，惟表 2-5 共有 12 項(除非「能力評等」不算一項，但表 2-6 又有列)，但文字上描述只有 11 項；此外，P.2-11 Navigation 譯為「水文資料」，P.2-13 表 2-6 則譯為「水道資料」，建議一致為宜。	遵照辦理，統一為「水道資料」。	同意辦理
3.P.2-14 稱「橋梁構件檢測亦可參照 AASHTO 相關規定…」，惟 P.2-15 又稱「目前該版新構件檢測尚沒有與 NBI 的橋梁能力評等相關聯」，若不相關聯，那 AASHTO 的規定還能參照嗎？怎麼參照？AASHTO 四等級的準則是什麼可以更清楚描述嗎？Poor 在表 2-7 譯為「差」，在 P.2-15AASHTO 規定則譯為「不良」，翻譯不同有特殊意義嗎？	報告中註明 2010 版 AASHTO 構件檢測內容尚未與 NBI 能力評等相關聯，並不表示未來不會建立關聯，本團隊未來會持續留意相關發展；2010 版 AASHTO 四等級的評估準則，前三等級不變，惟新增「極差」(severe convetion)狀況，用以表示構件狀況比不良(poor)等級還差，可能影響承載能力，對應的處置措施甚至需要置換(Replace)，相關說明已補充於期末報告；原文翻譯依委員建議進行一致性修訂。	同意辦理

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
4. P.2-14 AASHTO 的 Manual 應該是對構件有新的分類方式，文中用「新構件」比較容易有「新建構件」的錯覺。	感謝委員建議，原文「New Element」已修訂為「新版構件」以示釐清新舊版本構件定義差異。	同意辦理
5. SR 在 P2-11 譯為橋梁能力，表 2-6 譯為能力評等，P2-17 譯為綜合能力評等指標，圖 2.2 為能力評量指標…美國這部分的評估流程相對複雜，不同的譯名容易讓讀者混淆，建議一致為宜。	遵照辦理，統一為「能力評等」。	同意辦理
6. 表 2-10，結構缺陷的 2 個標準是 and 還是 or 就判定為結構缺陷？功能喪失的第 2 個評定標準是當結構分析、河道適當性被評為 3，那小於 3 就不算功能喪失嗎？	結構缺陷判定標準採用「or」成立，已於期末成果報告中敘明；依表 2-10 所列，當結構分析、河道適當性被評為 3 時屬「功能喪失」，相同項目若小於 3，則屬「結構缺陷」。	同意辦理
7. P.2-18，SR 如何計算可以更明確嗎？例如 S1 的計算跟橋梁上構…「相關」，如何相關？Inventory Rating 應為 Inventory (P.2.21 也打錯)。	SR 計算於 FHWA(1995)「Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges」之 Appendix B 有提供詳細說明與範例，國內陳永銘、許阿明(民國 97 年)「臺灣與美國之橋梁檢測系統與制度」亦有摘錄 SR 之計算說明及範例，成果報告不再詳述，但加註參考文獻。	同意辦理

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
8.P.2-19 「編號 100 的公路網設計」是什麼？	係指 SI&A 表中編號 100 的國防公路 (#100 Defense Highway) 評量值，其中，國防公路表示橋梁戰略重要性，係依美國戰略公路網設計 (STRAHNET Highway Designation) 評等橋梁是否在戰略路網或交口上。相關說明已補充說明於期末成果報告。	同意辦理
9.圖 2.2 中，上部結構的 59、下部結構的 60... 的意思為何？	圖中標示為 SI&A 表之項目編號，已於期末成果報告圖 2.2 中加註說明。	同意辦理
10.表 2-15 中所稱「本線」應為中文的「主線」，既然表翻譯成中文，建議用「主線」為宜(表 2-16、2-17 同)。另，日本的主線若有清楚定義，可以再補充入報告。	遵照辦理，道路公團「道路構造物点檢要領(案)」中對「本線」未另行定義，故表中「本線」直接改為中文的「主線」。	同意辦理
11.P.2-25 所稱「偶數」人數...，原文中係用「複數」，應該是多數人的意思；P.2-29 所稱「緊接」目視，原文中係用「近接」，建議直接用「近接」或「近距」比較清楚。	遵照辦理，「偶數」與「緊接」分別改為「多數」與「近距」。	同意辦理
12.P.2-39 表 2-31，省住都處不是橋管單位，目前也沒有這個單位，是否還要列出請斟酌；表中所稱「橋梁目視檢測手冊」是本所 99 年度	表 2-31 已遵照意見修改、刪除；「橋梁目視檢測評估手冊」依委員建議加註(草案)；表 2-31 亦重新整理及加註本研究所蒐集之最新規範手冊之	同意辦理

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
<p>研究案那本嗎？若是，因為只是研究案且為草案，建議不要列或加註（草案）。另本表各手冊的最新出版年份及制訂單位可以考慮列出。橋梁安全維護檢測手冊是？</p>	<p>年代及制訂單位；「橋梁安全維護檢測手冊」係交通部科技顧問室於民國 91 年委託國立中央大學辦理之研究報告，同樣加註(草案)表示。</p>	
<p>13.P.2-39 稱鐵路橋梁檢測規範於 92 年 9 月完成草案，請再補充「正式規範已於 99 月 12 月頒佈」，較為完整。</p>	<p>遵照辦理。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>14.TBMS 目前正式名稱為「臺灣地區橋梁管理資訊系統」，報告中有些地方缺少「資訊」2 字，請更正。</p>	<p>遵照辦理。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>15.2.2 節稱橋梁相關『制度』之建立與實施主要以相關研究為基礎…，然 2.2.1 節的國外資料多數描述的是方法，但也不完整，甚至還提到監測，似乎有些失焦，建議再檢視，與本計畫目的不相關的就不要列。</p>	<p>感謝委員建議，依工作契約要求，本研究需提出橋檢與後續相關工作(含監測)之整合實施建議(參見報告第十章)，所以，除了橋檢制度與評等方法、狀況或功能指標、橋梁重要度排序與性能初步評估以外，仍簡要彙整非破壞性檢測、破壞性檢測、性能詳細評估、健康監測、生命週期維護管理等資料，惟國外檢測制度面主要回顧與借鏡美日作法，並於 2.1 節已專章說明，所以，2.2.1 節僅概略說明其它相關方法，而國內橋檢相關制</p>	<p>同意辦理</p>

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
	度之建立與實施主要仍以國內相關研究(2.2.2 節)為主，以了解國內橋檢相關現況與發展。期末報告將加註相關說明，以釐清 2.2.1 節之內容。	
16. 第 2 章與第 3 章描述美日檢測制度多有重複，建議重新檢視調整報告架構，讓報告比較容易閱讀。	遵照委員意見對相關內容進行調整，唯本研究報告為有利於結案成果查核，因此章節架構編定之考量，仍依契約要求之工作項目進行編排。	同意辦理
17. 3.2 節對國內的建議，建議放到報告最末章『結論與建議』中。	感謝委員建議，最末章結論與建議已彙整 3.2 節之相關建議要點。	同意辦理
18. P.4-15，第 6 點若研究團隊認為鐵路鋼結構橋梁已納入 ABCDN 精神，根據表 2-31 及 P.5-1 5.1 節首句，公路鋼結構橋應該也有納入 ABCDN 精神。各局的手冊應該只會用指引的方式(如：請參閱部頒…規範)，不會將整本規範內容納入，而且不論公鐵路鋼構橋的評估方式都跟一般非鋼構橋有異，故表 4-5 最後的『評估方式』如果要把鐵路鋼構橋的規範一起帶進來描述，公路應該也要。	遵照辦理，修改為「評估方式基本上以 D.E.R.&U. 為主，公、鐵路鋼結構橋梁納入 A.B.C.D.N.精神」。	同意辦理
19. P5-4 末段提及「橋管系統修復工法表可能沒有符合	遵照辦理。	同意辦理

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
<p>檢測人員建議的修復項目與工法，針對此部分的參照說明可再加強改進」，誠如研究單位所述修復工法文獻及書籍眾多，故橋梁管理系統的修復項目及工法是可以讓使用者自行視需要新增，並不是非用系統預設的不可！請澄清！</p>		
<p>20. 第四、五章應可整併。</p>	<p>為有利於結案成果查核，章節架構係依契約要求之工作項目進行編排。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>21. 訪談記錄及專家學者座談記錄既已放在附錄，第六章及第八章應不需要以（受訪者）標記撰寫。第六、八章應可考慮整併。</p>	<p>感謝委員建議，因受訪單位對相同議題有不同之執行情形或狀況，或受訪人員對相同問題亦或有不同看法，故先保留標記，而於後面彙整的實施建議中再刪除標記，整體綜理；為有利於結案成果查核，本研究報告章節架構依契約要求之工作項目進行編排。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>22. P.7-3，6.(2)GPS 座標通常小數點後還有 8~10 位，檢測人員一般不會在檢測前去比對座標，因為要完全一樣幾乎是不可能，檢測人員通常也是用里程來辨識橋梁。故「GPS 座標與橋管系統橋梁資料不符」是問題，但不是檢測</p>	<p>感謝委員意見。此處主要在說明再次橋檢時，可能會遇到「GPS 座標與橋管系統橋梁資料不符」之情形，報告也說明此時可用里程來辨識橋梁位置。成果報告中將修改此部分措辭。</p>	<p>同意辦理</p>

交通部運輸研究所合作研究計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
人員於現地檢測會遭遇的問題。		
23.P.7-8 從現地檢測結果做出的變異性分析(4)提及年資 2 年內組的平均變異最小，另 2 組平均變異差異不大…代表的意義是什麼？檢測人員年資越久主觀意識越強，所以變異比較大嗎？本節只做了數字的陳述，數字代表的意義較不足，建議補充。	感謝委員建議，於相關章節補充說明。	同意辦理
24.P.8-5 所稱初步評估表為何？	係指 2.2.2.3 節橋梁性能初步評估所述相關表格。	同意辦理
25.P.8-6，「高公局檢測表格…相關內容補充」，這句應是回應前一頁陳添宇先生的意見，而非對檢測表格本身的意見，附錄既然都有對專家學者意見逐一回應，報告本文就不需要再放了。	遵照辦理。	同意辦理
26.P.8-10，「橋梁檢測契約範本」不是運研所擬定的，是交通部頒訂的，運研所只是把它放在橋梁系統上給橋梁管理單位參考而已。	感謝委員指教，期末成果報告相關內容已更正。	同意辦理
27.P.9-2，9.1 節建議 2 管理面 1)，所稱有待完善部分若	遵照辦理。	同意辦理

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
係指 P5-4 所述，請參考本審查意見第 19 點。		
28.P.9-4，無法檢測填 0，未檢測欄位是空白，為什麼說無法區分？	此情況係高公局實施「半年檢測」與「定期檢測」時，委辦廠商於填寫時採用相同表格之特有情形，並非橋梁檢測之一般問題，報告相關內容已刪除。	同意辦理
29. 一般報告書最末章是「結論與建議」，本報告書則只有「結論」，惟 6 個小節中有 4 個小節名稱中都有「建議」，建議視內容重新整理，將「結論」與「建議」區分開並精簡其內容，如此規模的「結論」比較少見，將來對本所填報研究成果時恐怕也會有困擾；12.6 節的內容很突兀，不知是否為業主要求一定要放於此？若一定要放在報告，也許放第一章會比較妥當。	本章標題將改為「結論與建議」，惟本研究主要成果就是針對國內檢測制度及執行面問題點提出實施與結合實施建議，因此，本研究之結論以相關建議為主來呈現，這是本研究較一般研究案特別之處。原結論相關內容宜精簡者，已於期末成果報告中修訂；12.6 節依委員建議移置第 1 章 1.6 節。	同意辦理
30. 報告中對於相同的事物會有不同的用字，例如「臺灣地區橋梁管理資訊系統」會出現「臺(台)灣地區橋梁管理系統」、「橋管系統」、「橋梁管理系統」；「交通部臺灣區國道高速公路局」會出現「高公局」、「高速公路局」…建議再調整，讓報告在閱	遵照辦理。	同意辦理



交通部運輸研究所合作研究計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
讀上有一貫性。		
運研所港研中心第一科林雅雯研究員		
1.美國 FHWA、AASHTO 規定與 PONTIS 之間關係、異同及適用情形，建議列表說明。	美國 FHWA 建立之橋梁檢測管理制度，對檢測發現之構件劣化情形及檢測結果，要求須均記載於符合 NBIS 要求的 SI&A 表，SI&A 表中含結構部位現況評量，需分別針對各部位，先評量其對應各構件之劣化情形，然橋梁構件檢測除了可採用 FHWA 構件評量表格式與準則以外，亦可參照 AASHTO 相關規定，針對各部位完成對應之各構件評量後，需綜合考量構件狀況，再彙整為橋梁結構各部位現況評量。而 PONTIS 係由 FHWA 與 CALTRANS 共同出資，委託建立之橋梁管理系統，負責整合橋梁的管理作業及決策工作。PONTIS 主要可區分為資料收集、資料分析以及資料應用三大部分。其中，資料收集部分需包括構件定義、構件初始基本資料、構件檢測資料、養護資料、改善資料、修補費用資料等，構件定義及構件檢測資料均需依 AASHTO 手冊規定記錄。也因此，PONTIS 5.2 會配合 2010 版 AASHTO 構件檢測手冊進行更新，包括：結構與保護層或磨耗層區分開、新構材之定	同意辦理

## 交通部運輸研究所合作研究計畫

### 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研

合作研究單位：財團法人中興顧問社

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
	義、缺陷標誌說明構件現況、新的分級方式、複合指標模式、評估對象的新單位名稱等。上述 FHWA、AASHTO 及與 PONTIS 關係於原報告 2.1.1.1 節及 2.3.1.1 節均已詳細說明。然三者(規範、手冊與橋管系統)屬性不同,其異同及適用情形難以統一系列說明。	
2. 檢測作業列表探討, 建議美、日、我國三者列表比較。	原期末報告結論已有美、日、台差異比較表。	同意辦理
3. 構件失效嚴重性, 目前依照橋樑管理系統之權重, 是否應依橋梁形式、風險來源(地震、沖刷)等分類建立。R* <sub>i</sub>	是, 檢測項目之權重依橋形、項目多寡、風險來源是考慮單一來源還是多個來源而定。既有研究報告「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」已依照不同橋型及耐震、沖刷、結構安全等訂定權重, 如原期末報告表 2-44、表 2-45, 詳細情形可參閱所列文獻。	同意辦理
4. 誌謝建議於文章中撰寫, 較不適合專節撰寫。	遵照辦理。	同意辦理
5. 期中審查意見處理情形表, 請加入至附錄。	遵照辦理。	同意辦理



## 附錄五

### 期末報告簡報資料



交通部運輸研究所臺灣技術研究中心

MOTC-10T-100-H1DB007a

橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研發 (1/4)

期末簡報

簡報人：薛強 博士

財團法人中興工程顧問社

中華民國一〇〇年十一月

## 簡報內容

背景述要

執行進度

工作內容

結論與建議

# 計畫緣起

## 背景述要

### 保全壽命、工程永續

### 安全性？ 耐久性？

- 地震 → 結構損傷
- 河床降低 → 橋基裸露
- 颱洪豪雨 → 河川沖刷
- 海島型氣候 → 材料腐蝕劣化
- 老舊橋
- 車輛超載

# 計畫緣起

## 背景述要

### 制度健全？

- 相關規定完整性
- D.E.R.&U.客觀性
  - ✓ 不同人員檢測結果變異性
- 檢測結果決策實用性
- 資源與人力充足性
- 任務與工作的落實
- 資料可溯性與正確性
- 與評估修補等工作之結合

### 風險管理？

- 不確定性

# 研究目的與工作範圍

背景述要

## 研究目的

全程：建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式，經由落實檢測工作，確實掌握橋梁狀況與易損性，了解可能的與關鍵的風險來源以及維護管理工作重點，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。

- 探討與分析國內橋梁檢測制度規定與執行情形之問題與困難，吸取國外作法之優點，結合國內專家建議，現地橋檢人員變異性分析結果，提出本土化橋梁檢測有效實施之建議，以及橋梁檢測評估與國內相關規範、資訊系統有效結合實施之建議。
- 橋梁風險評估之規劃建議。

## 工作範圍



公路橋梁

- 國內、外橋梁檢測文獻蒐集
- 國外目前橋梁檢測作業之探討分析，提出值得國內借鏡之建議
- 國內目前橋梁檢測作業規定之探討分析
- 國內目前橋梁檢測作業執行情形之探討分析
- 訪談分析目前橋梁檢測執行情形及問題點
- 現地檢測，分析檢測作業問題點及變異性
- 橋梁檢測有效施行之具體建議
- 專家座談會二場
- 「橋梁檢測評估」與國內相關規範、資訊系統有效結合施行之建議
- 橋梁風險評估之規劃建議
- 駐點配合

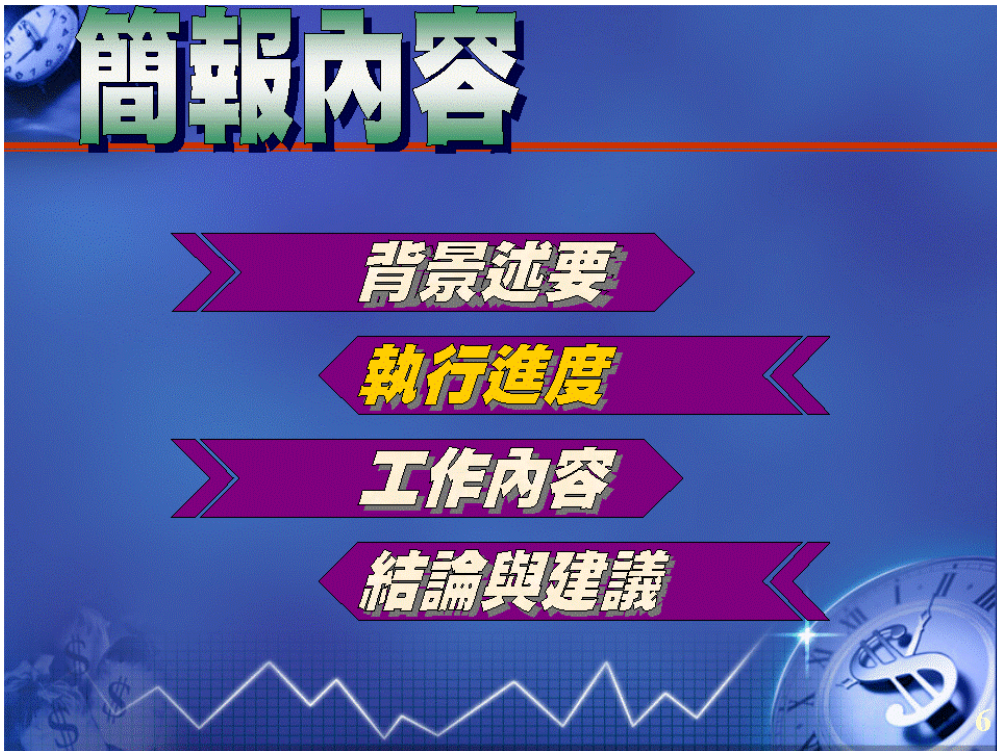
4

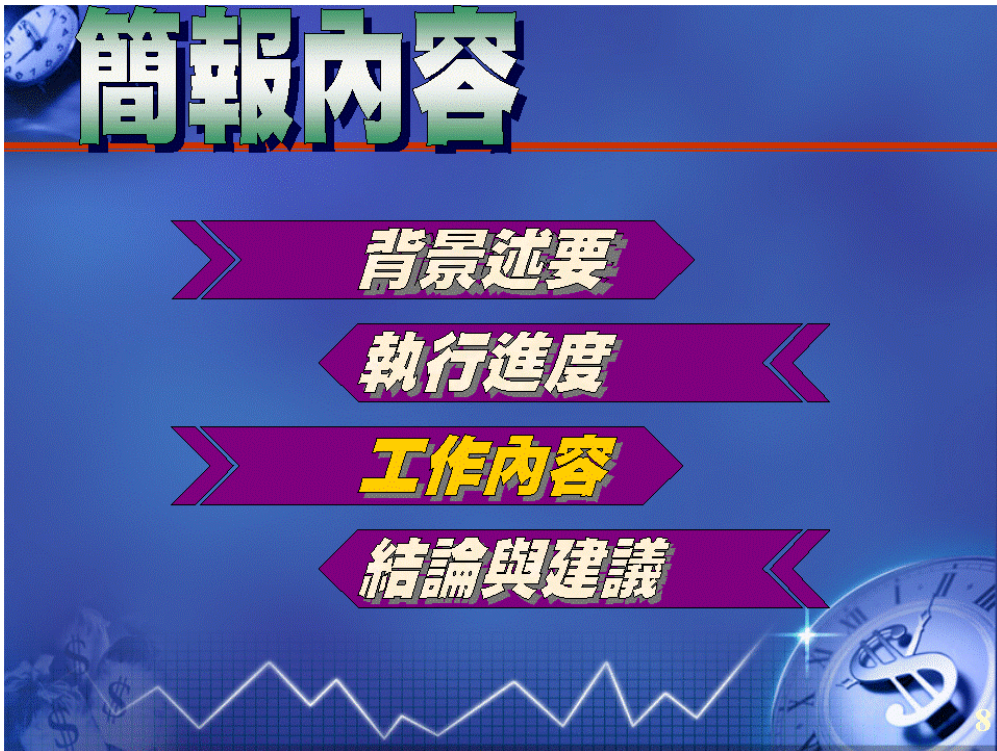
# 研究方法與步驟

背景述要









## 文獻回顧-國外

### 工作內容

國家(單位)	文件
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   <b>FHWA</b> </div> <div style="text-align: center;">   <b>AASHTO</b> </div> <div style="text-align: center;">   <b>日本道路公團</b> </div> <div style="text-align: center;">   <b>國土交通省</b> </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual (2010)</li> <li>● Manual for Condition Evaluation of Bridges, AASHTO (2010).</li> <li>● Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges, AASHTO(2003).</li> <li>● Manual for Maintenance Inspection of Bridge, AASHTO (1993).</li> <li>● Bridge Inspector's Reference Manual, FHWA (2006).</li> <li>● The Bridge Inspector's Manual for Movable Bridge, FHWA (1997).</li> <li>● Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges, FHWA (1995).</li> <li>● National Bridge Inspection Standards, FHWA (1988).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日本道路公團,「公路結構物檢測手冊」</li> <li>● 國土交通省「橋梁管理系統維護和管理資料製作手冊」</li> <li>● 國土交通省,「橋梁定期檢測手冊」</li> </ul>
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 中國人民共和國交通部,「公路養護技術規範」</li> </ul>
中國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inspection of Bridges (1994), Danish National Road Directorate, 175 pp.</li> </ul>
丹麥	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Guidelines and Policy for Bridge MR&amp;R Operation</li> <li>● Guidelines for Bridge Inspection</li> <li>● Bridge Inspection Manual</li> <li>● Bridge Repair Manual (SILKO-Guidelines)</li> </ul>
芬蘭	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Highway Structures Testing and Inspection, DIN 1076 (1999), Deutsche Norm, 10 pp.</li> <li>● Preservation and Maintenance (n.d.), Construction and Housing, German Federal Department of Transportation, 23 pp.</li> </ul>
德國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Guideline for the Structural Design and Equipment of Bridges for Monitoring, Inspection and Maintenance (1997), German Federal Department of Transportation, 6 pp.</li> <li>● Recording and Assessment of Damages, Guideline R1-EDW-FRUF, 1998.</li> <li>● ASB Structure Inventory, (coding manual for SIB-Bauwerke) (2004).</li> </ul>
挪威	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Handbook for Bridge Inspections (2001), Norwegian Public Roads Administration, 339 pp.</li> </ul>
英國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Requirements for Inspection and Management of Bridges, BD 62/94 and BD 63/94.</li> </ul>

- 規範：制度、規定
  - Inspection Standards、CFR
- 手冊：方法
  - Inspection manual (FHWA、AASHTO、各州)
  - Manual for condition evaluation
- 指南：作法細則
- 美國NBIS：步驟、表格、指標
- Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges, AASHTO 2003.
- 2010 AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual
- 日本道路公團「公路結構物檢測手冊」(2003)
- 國土交通省「橋梁定期檢測手冊」(2004)

# 文獻回顧-國外

## 工作內容

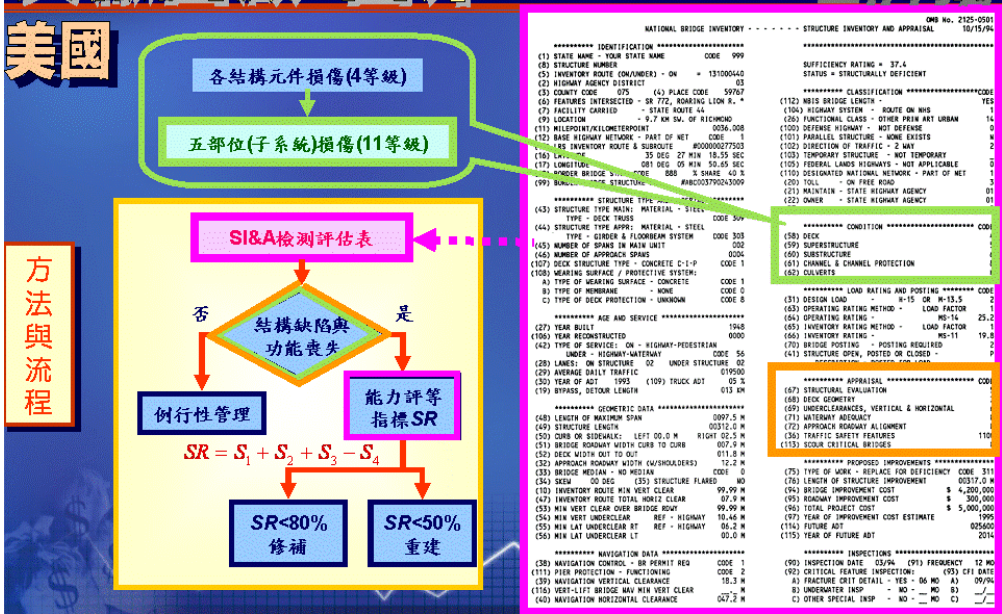
### 美國



# 文獻回顧-國外

## 工作內容

### 美國



# 文獻回顧-國外

## 工作內容

### 美國

#### Element condition

判定等級	元件損傷狀況
好(Good)	橋件僅有微劣化或該劣化對橋件無關緊要。
普通(Fair)	橋件輕微劣化，如混凝土斷面損失、剝離或裂縫均輕微，並不影響橋件強度。
差(Poor)	橋件更形劣化，如混凝土斷面損失、剝離或裂縫，已影響或已傷及橋件強度。
N/A	不適用或無法評等(Not Applicable)

註：檢測員檢測時，亦應紀錄橋件劣化之類型、尺寸、範圍，以及該劣化對該橋件、結構安全或交通功能影響度。

評定標準	適用之評估項目
<b>結構缺陷</b>	An Appraisal rating $\leq 4$ 橋面版、上部結構、下部結構、涵管
	An Appraisal rating $\leq 2$ 結構分析、河道之適當性
<b>功能喪失</b>	An Appraisal rating $\leq 3$ 橋面版幾何狀況、橋下淨高與淨寬、引道之排置
	An Appraisal rating = 3 結構分析、河道之適當性

#### FHWA - NBI condition Scale

判定等級	表述	單位損傷說明
N	-	不適用
9	完美(excellent condition)	
8	良好(very good condition)	無損壞情形記載
7	不替(good condition)	有些輕微損壞
6	尚可(satisfactory)	結構橋件有些輕微劣化現象
5	普通(Fair condition)	所有主要結構橋件尚完好，但有輕微斷面損失、裂縫、剝落或沖刷問題
4	差(poor condition)	有進一步斷面損失、裂縫、剝落或沖刷問題
3	嚴重(serious condition)	斷面損失、裂縫、剝落或沖刷問題已嚴重影響主要結構橋件，局部橋件損壞可能發生，鋼橋件之疲勞裂縫或混凝土橋件之剪力裂縫可能發生
2	極嚴重(critical condition)	主要結構橋件已有進一步劣化，鋼橋件之疲勞裂縫或混凝土橋件之剪力裂縫可能發生或沖刷狀況可能使下部結構支撐位移，除嚴重監測(視)，狀況修復前可考慮封橋
1	幾近損壞(imminent failure condition)	有立即損壞狀況，臨界結構橋件出現明顯劣化，斷面損失、水平、垂直位移已影響結構穩定，橋梁需封閉交通，但橋梁修復後可能提供輕量服務
0	損壞(Failed condition)	無法再提供服務，也無法修復

服務水準評量(Appraisal Rating) 0-9、N

# 文獻回顧-國外

## 工作內容

### 美國

#### 1. Structural Adequacy and Safety

$S_1 = 55\%$  Max. 結構能力及安全

取三個中 cond. rating 最差值

- 59 Superstructure
- 60 Substructure
- 62 Culverts
- 66 Inventory Rating

#### 2. Serviceability and Functional Obsolescence

$S_2 = 30\%$  Max. 服務及功能降低性

- 28 Lanes on Structure
- 29 Average Daily Traffic
- 43 Structure Type, Main
- 32 Appr. Rdwy. Width
- 51 Bndge Rdwy. Width
- 53 VC over deck

#### 3. Essentiality for Public Use

$S_3 = 15\%$  Max. 公眾服務重要性

- 19 Detour Length
- 29 Average Daily Traffic
- 100 STRAHNET Highway Designation

#### 4. Special Reductions

$S_4 = 15\%$  Max.

- 19 Detour Length
  - 36 Traffic Safety Features
  - 43 Structure Type, Main
- 繞道距離、交通安全特性、結構型式相關折減

#### SI&A 評量表

```

***** IDENTIFICATION *****
(1) STATE NAME - YOUR STATE NAME CODE 999
(2) STRUCTURE NUMBER CODE 300
(3) STRUCTURE TYPE (CONCRETE) - OR = 131000440
(4) HIGHWAY AGENCY DISTRICT CODE 03
(5) COUNTY CODE 075
(6) FEATURES INTERSECTED - SR 772, RICHMOND LION R. (112) HHS BR
(7) FACILITY CARRIED - STATE ROUTE 41 (126) HIGHWAY SYSTEM - MAJOR OR MINOR YES
(8) LOCATION - 0.7 KM SW. OF RICHMOND (28) FUNCTIONAL CLASS - OTHER PRIN. ART. URBAN 16
(9) LOCATION (11) MISPLACEMENT/IMPROPERLY (300) BRIDGE DESIGNATION - NOT BRIDGE N
(10) BASE HIGHWAY NETWORK - PART OF NET CODE 1 (101) PARALLEL STRUCTURE - NONE EXISTS N
(11) MISPLACEMENT/IMPROPERLY (102) DIRECTION OF TRAFFIC - 2 WAY 2
(12) BASE HIGHWAY NETWORK - PART OF NET CODE 1 (103) TEMPORARY STRUCTURE - NOT TEMPORARY N
(13) LRS INVENTORY ROUTE # SUBROUTE #0000007503 (105) FEDERAL LANDS HIGHWAYS - NOT APPLICABLE 0
(14) LATITUDE 39 DEG 37 MIN 18.35 SEC (102) TEMPORARY STRUCTURE - NOT TEMPORARY N
(15) LONGITUDE 081 DEG 05 MIN 52.65 SEC (110) DESIGNATED NATIONAL NETWORK - PART OF NET 1
(16) STATE ROUTE 081 (12) TOL - ON FREE ROAD 3
(17) STATE ROUTE 081 (12) MAINTAIN - STATE HIGHWAY AGENCY 01
(18) STATE ROUTE 081 (12) DANGER - STATE HIGHWAY AGENCY 01
(19) STATE ROUTE 081 (12) HISTORICAL SIGNIFICANCE - NOT ELIGIBLE 5

***** Structure Type & Material *****
(43) STRUCTURE TYPE MAIN MATERIAL - STEEL CODE 309
(44) STRUCTURE TYPE APPR. MATERIAL - STEEL CODE 309
(45) TYPE - GIRDER & FLOORBEAM SYSTEM CODE 303
(46) NUMBER OF SPANS OR MAIN SPAN CODE 022
(47) NUMBER OF APPROACH SPANS CODE 004
(48) STRUCTURE TYPE - CONCRETE C-I-P CODE 1
(49) WEARING SURFACE / PROTECTIVE SYSTEM: CODE 1
A) TYPE OF WEARING SURFACE - CONCRETE CODE 0
B) TYPE OF MEMBRANE - NONE CODE 0
C) TYPE OF PROTECTIVE SYSTEM - NONE CODE 0
(50) YEAR RECONSTRUCTED *****
(51) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-PEDESTRIAN *****
(52) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(53) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(54) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(55) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(56) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(57) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(58) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(59) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(60) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(61) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(62) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(63) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(64) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(65) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(66) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(67) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(68) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(69) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(70) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(71) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(72) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(73) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(74) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(75) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(76) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(77) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(78) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(79) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(80) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(81) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(82) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(83) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(84) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(85) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(86) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(87) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(88) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(89) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(90) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(91) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(92) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(93) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(94) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(95) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(96) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(97) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(98) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(99) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(100) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****

***** Geometric Data *****
(48) LENGTH 15.4 M (75) TYPE OF JOINT - REPLACE FOR SUFFICIENCY CODE 111
(49) STAKE 0.0 M (76) LENGTH OF STRUCTURE IMPROVEMENT 0.0317 M
(50) STAKE 0.0 M (77) LENGTH OF STRUCTURE IMPROVEMENT 0.0317 M
(51) STAKE 0.0 M (78) BRIDGE IMPROVEMENT COST $ 4,200,000
(52) STAKE 0.0 M (79) ROADWAY IMPROVEMENT COST $ 300,000
(53) STAKE 0.0 M (80) TOTAL PROJECT COST $ 4,500,000
(54) STAKE 0.0 M (81) YEAR OF IMPROVEMENT COST ESTIMATE 1999
(55) STAKE 0.0 M (82) FUTURE ADT 05000
(56) STAKE 0.0 M (83) YEAR OF FUTURE ADT 2014

***** PROPOSED IMPROVEMENTS *****
(84) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(85) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(86) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(87) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(88) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(89) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(90) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(91) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(92) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(93) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(94) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(95) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(96) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(97) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(98) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(99) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****
(100) YEAR OF SERVICE - ON HIGHWAY-TRUCK ADT *****

***** INSPECTION DATA *****
(101) NAVIGATION CONTROL - BR PERMIT REQ CODE 1 (90) INSPECTION DATE 03/96 (91) FREQUENCY 12 MO
(102) PIER PROTECTION - FUNCTIONAL CODE 2 (92) CRITICAL FEATURE BARSTATION: (93) CHI RATE
(103) NAVIGATION VERTICAL CLEARANCE 18.3 M A) FRACTURE CRIT DETAIL - YES - 06 MO A) 09/96
(104) NAVIGATION HORIZONTAL CLEARANCE 40.0 M B) UNDERPANT HSP - NO - MO B) /
(105) NAVIGATION HORIZONTAL CLEARANCE 40.0 M C) OTHER SPECIAL HSP - NO - MO C) /
    
```

$$0\% \leq (\text{Sufficiency Rating} = S_1 + S_2 + S_3 - S_4) \leq 100\%$$

# 文獻回顧-國外

## 工作內容

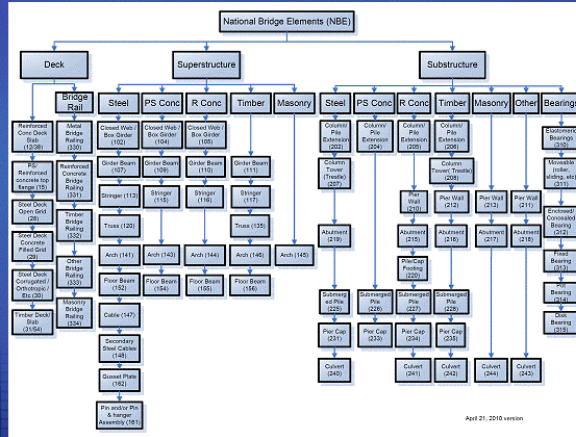
### 美國

#### AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual (2010)

##### ● New Element

- (1) National Bridge Elements (NBE'S) : 針對橋梁安全與承載影響，最少必須要考量之主要構件。
- (2) Bridge Management Elements (BME'S) : 接頭、磨耗層、保護層等，該類構件提供橋管系統功能之用。
- (3) Agency Developed Elements : 客製化構件。

##### Commonly Recognized(CoRe) Element→NBE



14

# 文獻回顧-國外

## 工作內容

### 美國

#### AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual (2010)

- 將結構構件與保護層、磨耗層等區分開
- 構件現況(Element Condition) :
  - 指標：對應構件損傷模式的缺陷標誌(Defect Flag或Smart Flag)
  - 表述方式：條例式說明
  - 4等級(Condition State)：良好(Good)、普通(Fair)、不良(Poor)、極差(Severe Convention)
- 對整支構件採單一指標來評估之方式，也改以分段模式(Multi-Path Model)評估



- 評估對象所用單位名稱(Unit)也配合修改，例如橋面板改用面積單位
- 目前該版新構件檢測尚沒有與NBI的橋梁能力評等相關聯。

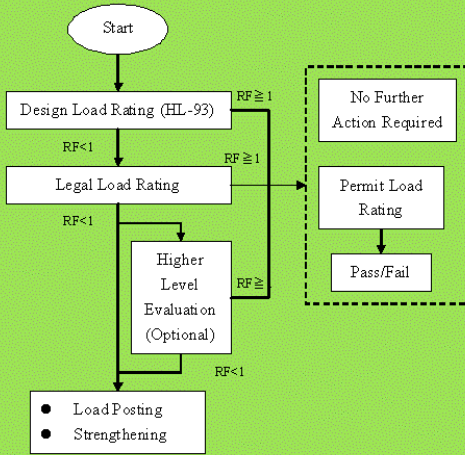
15

# 文獻回顧-國外

## 工作內容

### 美國

#### AASHTO 承載能力評等流程



#### 耐荷係數 Rating Factor (RF)

For LRFD Dead & permanent Loads

$$RF = \frac{C - (\gamma_{DC})(DC) - (\gamma_{DW})(DW) \pm (\gamma_P)(P)}{(\gamma_L)(LL + IM)}$$

Capacity

Live load & dynamic effects

Strength Limit States (flexure, shear)

Load factors  $\gamma$  隨 limit state 而不同;  $\gamma_L$  依 design load - legal load 與 permit load 而不同

$$C = \phi_c \phi_s \phi_R$$

Service Limit States

$$C = f_R$$

For ASD and LF

$$RF = \frac{C - A_1 D}{A_2 (L + I)}$$

#### Rating in Tons (RT)

$$RT = (RF) \cdot W$$

#### Safe Posting Load

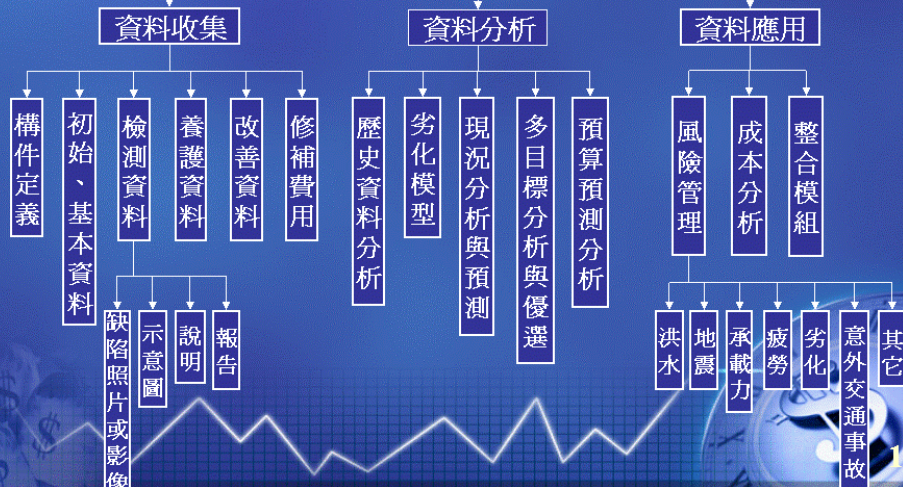
$$Safe \text{ Posting Load} = \frac{W}{0.7} [(RF) - 0.3]$$

# 文獻回顧-國外

## 工作內容

### 美國

#### PONTIS



# 文獻回顧-國外

## 工作內容

### 日本



# 文獻回顧-國外

### 日本

## 方法與流程

判定等級	狀況
AA	損傷、變形狀態顯著，從功能面來看需要採取緊急修繕的情形。
A	有損傷、變形狀態，能看出功能降低而需要修繕，但不需要緊急修繕。有必要的話，需進行進一步調查。
B	雖有損傷、變形狀態，但看不出功能性受影響，需要持續觀察損傷情形。
OK	沒有損傷、變形狀態，或是輕微受損情形。
E	對交通安全或第三者恐有妨礙的疑慮，而需要緊急修繕時。

定期檢測、臨時檢測報告書

工程區名稱: \_\_\_\_\_ 檢測員: \_\_\_\_\_

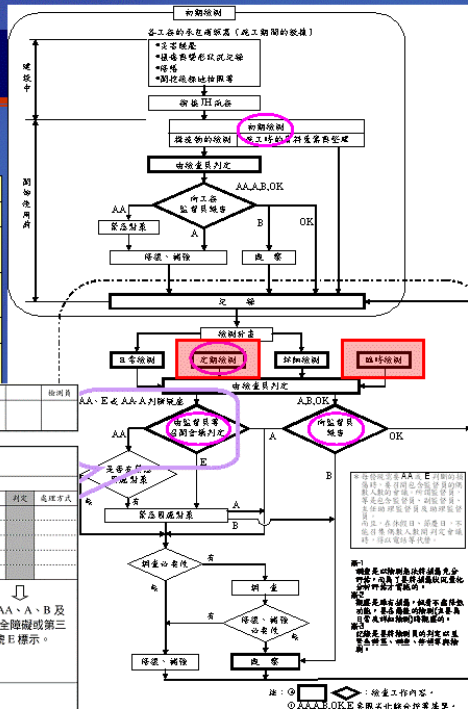
工程段名稱: \_\_\_\_\_

道路名稱: \_\_\_\_\_

日本道路公團「公路結構物檢測手冊」

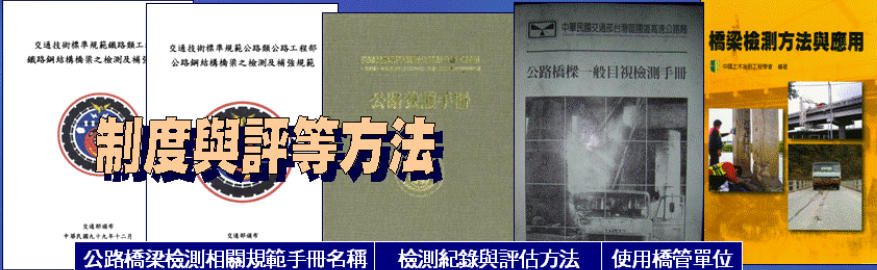
NEW

依據梁損傷情形，記載 AA、A、B 及 OK，若可能造成交通安全障礙或第三者受害等，需另加註符號 E 標示。



# 文獻回顧-國內

## 工作內容



### 制度與評等方法

公路橋梁檢測相關規範手冊名稱	檢測紀錄與評估方法	使用橋管單位
市區道路橋梁安全檢測手冊	A.B.C.D.N. (89 年以前) D.E.R.&U. (89 年以後)	各縣市政府
混凝土、鋼橋一般檢測手冊	A.B.C.D.N. (89 年以前) D.E.R.&U. (89 年以後)	省府住都局
公路橋梁安全檢查手冊	D.E.R.&U.	公路總局
公路橋梁一般目視檢測手冊	D.E.R.&U.	高公局
橋梁安全維護檢測手冊	D.E.R.&U.	通用
橋梁目視檢測評估手冊	D.E.R.&U.	通用
公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	D.E.R.&U.並納入 A.B.C.D.N.精神	通用

橋梁維護  
管理作業  
評鑑

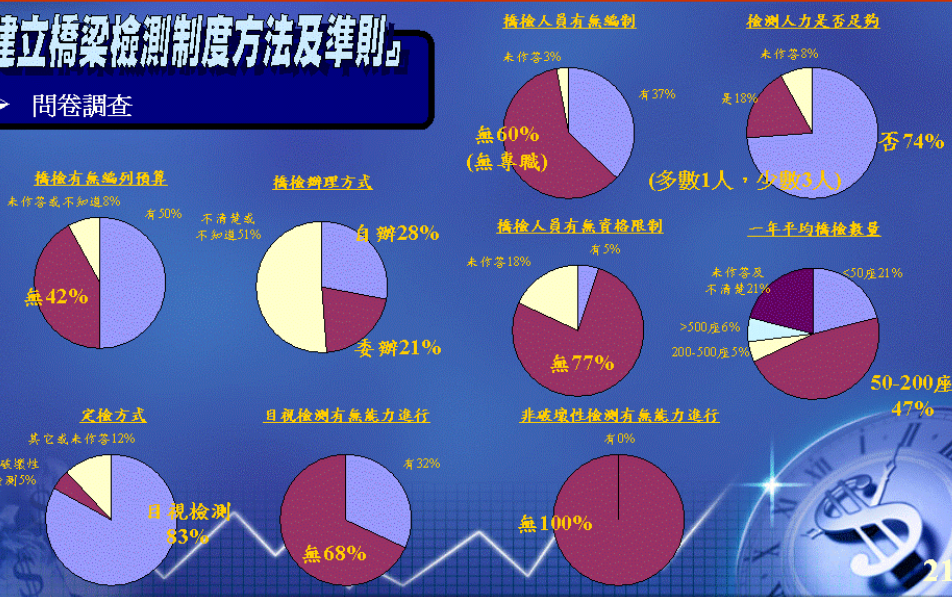


# 文獻回顧-國內

## 工作內容

### 『建立橋梁檢測制度方法及準則』

問卷調查





# 文獻回顧-國內

工作內容

## 相關指標

## 『橋梁目視檢測評估手冊(草案)』

狀況指標CI (新、舊)

$$CI = \frac{\sum_{i=1}^{21} (Ic_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^{21} w_i}$$

$$Ic_i = \frac{\sum_{j=1}^{21} Ic_{ij}}{n}$$

$$Ic_{ij} = 100 - 100 \times \frac{D \times E \times R^a}{4 \times 4 \times 4^a}$$

- 依據橋梁整體狀況，並採加權平均計分。

優選指標PI (新、舊)

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^{21} (Ic_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^{21} w_i}$$

- 採CI值計算方式，但取出具代表性之損傷構件再加以平均計算。

## 『公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範』

規範優選指標-規範PI

$$PI = \frac{\sum_{i=5}^6 (Ic_i \times w_i) + \sum_{i=12}^{16} (Ic_i \times w_i) + \sum_{i=18}^{20} (Ic_i \times w_i)}{\sum_{i=5}^6 w_i + \sum_{i=12}^{16} w_i + \sum_{i=18}^{20} w_i}$$

- 重新探討沖刷穩定指標SSI、加入結構安全指標SFI、耐震能力指標SRI以及用路人安全指標USI

項次	構件名稱	CI	PI	SSI	SFI	SRI	USI
1	引道路堤	✓	✓				✓
2	引道路橋	✓	✓				✓
3	河床	✓	✓	✓			
4	引道填土	✓	✓				
5	橋台基礎	✓	✓		✓	✓	
6	橋台	✓	✓	✓	✓	✓	
7	翼牆/牆上牆	✓	✓				
8	面層	✓	✓				✓
9	橋面排水設施	✓	✓				✓
10	橋石及人行道	✓	✓				✓
11	欄杆及護欄	✓	✓				✓
12	橋墩基礎	✓	✓	✓			
13	橋墩基礎	✓	✓	✓	✓	✓	
14	橋墩墩帽/帽梁	✓	✓	✓	✓	✓	
15	支承/支承墊	✓	✓			✓	
16	防撞設施	✓	✓				✓
17	伸縮縫	✓	✓			✓	✓
18	主橋跨(大梁)	✓	✓				
19	次要橋跨(梁橋梁)	✓	✓		✓		
20	橋面板	✓	✓				✓
21	其他	✓	✓				

- 採PI值計算方式，但僅取橋梁檢測項目中影響結構安全項目。

# 文獻回顧-國內

工作內容

## 相關指標

## 『公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範』

功能指標FI

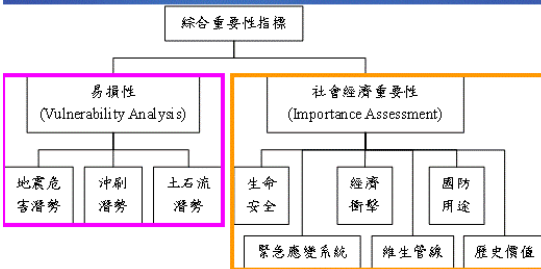
$$FI = 100 \times \frac{FI_{CS} + FI_{BC} + FI_{DL} - 1}{12 - 1}$$

整體優選指標OPI

$$OPI = \frac{w_{PI} \times PI + (100 - w_{PI}) \times FI}{100}$$

## 『橋梁重要程度等級之建立』

### 橋梁綜合重要性指標



- FI僅以橋梁結構重要性、交通量與橋梁淨寬所反映之運輸能力、繞道距離等綜合反應使用服務功能；

- OPI結合PI與FI；

- 綜合重要性指標考慮地震、土石流、沖刷等部分風險來源以及對生命、經濟、國防等衝擊。

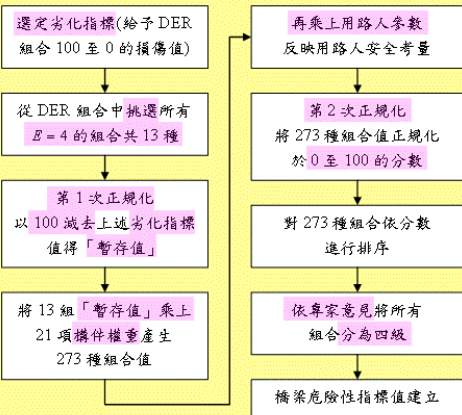
# 文獻回顧-國內

工作內容

## 相關指標

### NEW 『縣市政府老舊橋梁改善可行性評估』

#### 危險性指標CSI



橋梁危險性指標等級	CSI指標數值
立即維修	100~33.3
短時間進行維修	33.3~11.5
例行性維修	11.5~0, 但大於0
不需維修	等於0

•CSI對不同D.E.R.組合賦予劣化值排序，再僅考慮E=4者，再依劣化值、橋梁構件權重、用路人參數以及專家建議等資訊來為維修篩選排序。

# 文獻回顧-國內

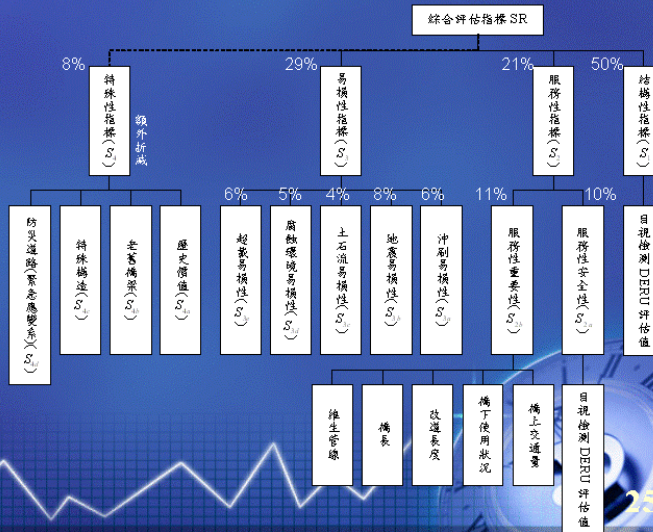
工作內容

## 相關指標

### NEW 『都市計畫區內橋梁檢測、監測、維修及管理計畫』

#### 綜合評估指標SR

$$SR = S_1 + S_2 + S_3 - S_4$$



# 文獻回顧-國內

## 工作內容

### 性能初評表

>有安全疑慮時進行初評、篩選用 >節省時間、經費

#### 地震損失風險值法

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

項次	項目	配分	權數	危險度計分
4001	設計載重	6		
4002	單車每日流量	10	<input type="checkbox"/> <1(0) <input type="checkbox"/> 1000-2000輛(0.5) <input type="checkbox"/> >10000輛(1)	

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

項次	項目	配分	權數	危險度計分
4003	橋梁名稱	4	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(1.0) <input type="checkbox"/> 輕微毀傷(0.5) <input type="checkbox"/> 無(0.0)	

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

項次	項目	配分	權數	危險度計分
4004	1 近郊內主	1	<input type="checkbox"/> 已完竣(0.0) <input type="checkbox"/> 其他尚未評定	
4005	2 河川整治治理情形	4	<input type="checkbox"/> 已完竣(0.0) <input type="checkbox"/> 其他尚未評定	

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

項次	項目	配分	權數	危險度計分
4006	3 橋梁名稱	4	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(1.0) <input type="checkbox"/> 輕微毀傷(0.5) <input type="checkbox"/> 無(0.0)	

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

項次	項目	配分	權數	危險度計分
4007	4 橋梁名稱	4	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(1.0) <input type="checkbox"/> 輕微毀傷(0.5) <input type="checkbox"/> 無(0.0)	

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

評定日期: \_\_\_\_\_

**(公路總局)**  
**公路橋梁耐震能力**  
**初步評估表-落橋評估**

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

評定日期: \_\_\_\_\_

**(公路總局)**  
**公路橋梁耐震能力**  
**初步評估表-橋樑評估**

橋梁名稱: \_\_\_\_\_

評定日期: \_\_\_\_\_

**(公路總局)**  
**公路橋梁耐震能力**  
**初步評估表(混凝土、鋼橋、雙式橋)橋**  
**樁強度、韌性評估**

# 文獻回顧-國內

## 工作內容

### 性能詳細評估

> 承載能力  
> 耐洪能力  
> 耐震能力  
> 疲勞安全評估 (鋼結構橋梁)

#### 健康監測

#### 橋梁生命週期維護管理

開始

資料收集

計算靜載重 DC、DW

決定動態載重預留值 IM  
計算載重分配效應

計算活載重效應 LL

計算標準強度 Rn

決定強度折減因子 φ  
系統係數 φ<sub>s</sub>  
情況係數 φ<sub>c</sub>

決定載重係數

RF ≥ 1 ?

是 → 結束

否 → 進行進一步檢查

是 → 豎立警告標示  
修復、補強

否 → 結束

另外: 試驗量測

建立橋梁3D分析模型

計算橋墩鋼筋混凝土應力-應變關係

計算橋墩彎矩-曲率關係

設定橋墩塑性鉸特性 (彎曲、撓剪、剪力破壞模式)

進行非線性靜力側推分析 Pushover

檢核橋梁各級性能水準之結構反應 PL0, PL1, PL2, PL3

判定橋梁之耐震能力及決定補強方案

沖刷裸露前後

沖刷深度

基礎受力情形

模擬與分析

安全性或性能檢核 (承載力、彎矩與剪力強度、轉角或變位等)



# 國外橋梁檢測作業探討與借鏡 工作內容

## 已借鏡

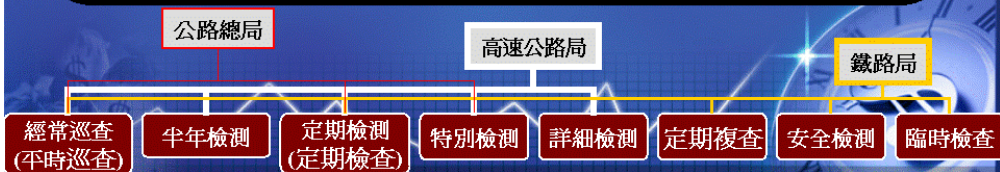
- 規範、手冊、指南(作業要點)；
- 美日統一規定檢頻率，但都提供彈性調整；
- 日本經由構件詳細劣化情形判定構件損傷等級；
- 日本對橋梁各部位與構件，提供不同損傷等級的判定標準，會針對檢測應留意事項、損傷著眼位置及損傷(如龜裂)圖樣等進行說明；
- 美國FHWA橋梁檢測訓練課程；
- 美國橋梁承載能力評估法。
- 美日規定人員資格，提供多種滿足資格的途徑；

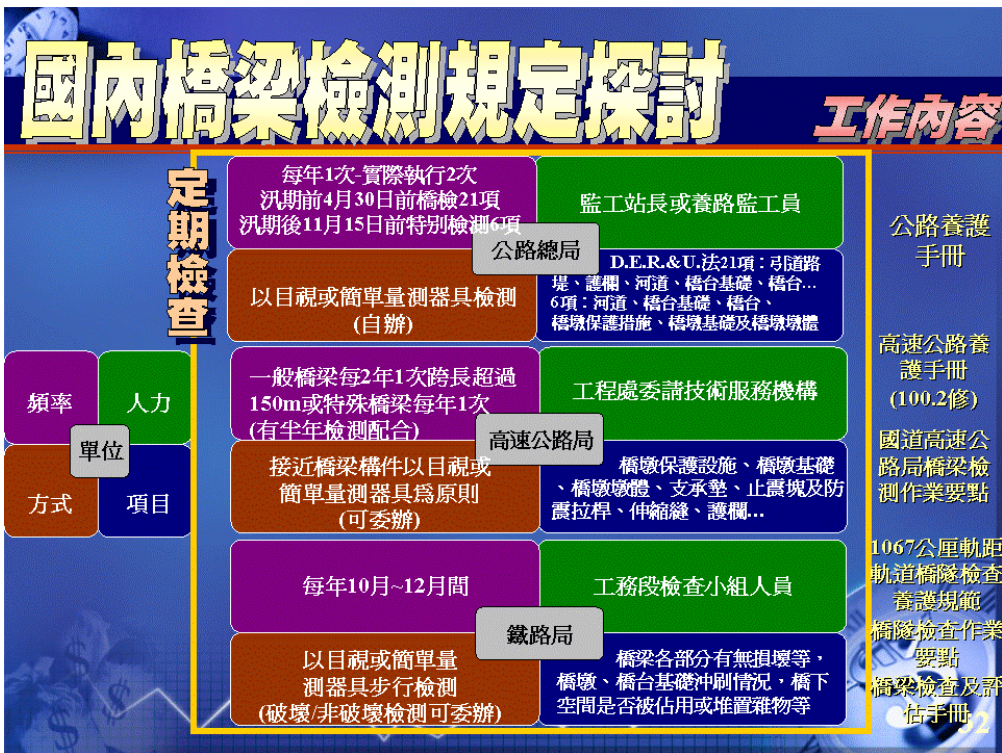
## 未來可借鏡

- 人員編制、資格落實與認證；
- 檢測類型：美日透過初始或初期檢測掌握橋梁原始狀況；
- 日本區分檢測員與監督員權責，構件損傷評等由監督員把關；損傷嚴重或有疑慮以會議發揮群體智慧來判定；
- 美國橋梁系統分層級拆解，應用於不同橋型與材質彈性較大。
- 美國由構件損傷現況，並結合承載能力詳評以及其他資料，評判綜合能力，作為維修與改建決策依據，串接橋梁檢測、能力評估以及維管決策；
- 美國2010年新頒佈「AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual」，NBE+smart flag暗示強調影響結構承載與安全性的主要構件，而對這些主要構件考慮其損傷模式進行較詳細的評判；再結合Multi-path model，可減小人為判定變異性。
- 橋梁管理系統納入風險管理、多目標最佳化模組。

# 國內橋梁檢測規定探討 工作內容

## 公路養護手冊規定







# 國內橋梁檢測執行情形探討

工作內容

## 辦理方式

自辦：多以抽查方式確保工作落實，以評鑑制度加以鼓勵。

委辦：配合抽查、審查與契約之罰則來確保品質。

主要內容	作業方法
資料蒐集(測量)建檔、分析與研判	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建立各橋梁基本資料</li> <li>● 初步了解各橋梁可能發生的的破壞模式</li> <li>● 資料不足時，以測量方式補充，並納入基本資料庫</li> </ul>
結構體各構件現況評估檢查表建立	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建立橋梁檢測表格</li> </ul>
損壞構件數量、位置詳圖繪製及實況相片攝製	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 動員檢測、橋梁座標量測</li> <li>● 依據檢測表格所示，將各橋梁的損壞情況及數量記錄及照相，並繪製位置詳圖</li> </ul>
細部結構狀況評估	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 將各橋梁的細部結構逐一詳述並完整記錄</li> <li>● 作為日後維修補強的參考</li> </ul>
資料庫建置	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 完成基本資料庫的建置</li> </ul>

36

# 國內橋梁檢測執行情形探討

工作內容

## 檢測評估方法

規範手冊名稱	檢測紀錄與評估方法	採用橋管單位
市區道路橋梁安全檢測手冊	A.B.C.D.N. (89 年以前) D.E.R.&U. (89 年以後)	各縣市政府
混凝土、鋼橋一般檢測手冊	A.B.C.D.N. (89 年以前) D.E.R.&U. (89 年以後)	省府住都局
公路橋梁安全檢查手冊	D.E.R.&U.	公路總局
公路橋梁一般目視檢測手冊	D.E.R.&U.	高速公路局
橋梁安全維護檢測手冊	D.E.R.&U.	通用
橋梁目視檢測評估手冊	D.E.R.&U.	通用
公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	D.E.R.&U.評估法 納入 A.B.C.D.N.精神	通用

37

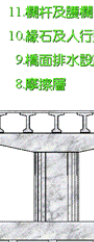


# 國內橋梁檢測執行情形探討

工作內容

## 檢測項目

	0	1	2	3	4
程度 (D)	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損害
範圍 (E)	無法檢測	< 10%	< 30%	< 60%	> 60%
重要性 (R)	無法判定重要性	微	小	中	大
急迫性 (U)	無法判定急迫性	例行維護	3 年內	1 年內	緊急維修處理



先1~11項 → 每座橋孔12~20項

公路橋梁  
D, E, R, & U.

項次	檢查對象	檢查項目	細項判定及其說明			照片編號		整體判定及其說明	
			D	E	說明	D	E	說明	
14	橋墩墩體 (鋼結構)	構件損傷 (裂縫、彎曲、變形) 彈簧處損傷 螺栓損傷、欠缺及鬆動 生鏽及腐蝕 油漆剝離 油漆剝落 油漆龜裂 油漆台剝化 積水或漏水 墩柱傾斜、沈陷 墩底沉陷、砂化、沖刷							

公路鋼結構橋梁  
D, E, R, & U + A, B, C, D, N.

項次	檢查項目	判定
1	橋樑結構損傷情形 (包括橋樑上部及下部)	4
2	彈簧及橋墩	2
3	彈簧處損傷	3
4	彈簧處生鏽	4
5	彈簧處生鏽	1
6	彈簧處生鏽	2
7	彈簧處生鏽	3
8	彈簧處生鏽	4
9	彈簧處生鏽	1
10	彈簧處生鏽	2
11	彈簧處生鏽	3
12	彈簧處生鏽	4
13	彈簧處生鏽	1
14	彈簧處生鏽	2
15	彈簧處生鏽	3
16	彈簧處生鏽	4
17	彈簧處生鏽	1
18	彈簧處生鏽	2
19	彈簧處生鏽	3
20	彈簧處生鏽	4
21	彈簧處生鏽	1
22	彈簧處生鏽	2
23	彈簧處生鏽	3
24	彈簧處生鏽	4
25	彈簧處生鏽	1
26	彈簧處生鏽	2
27	彈簧處生鏽	3
28	彈簧處生鏽	4
29	彈簧處生鏽	1
30	彈簧處生鏽	2
31	彈簧處生鏽	3
32	彈簧處生鏽	4
33	彈簧處生鏽	1
34	彈簧處生鏽	2
35	彈簧處生鏽	3
36	彈簧處生鏽	4
37	彈簧處生鏽	1
38	彈簧處生鏽	2
39	彈簧處生鏽	3
40	彈簧處生鏽	4

# 國內橋梁檢測執行情形探討

工作內容

## 檢測表格

TBMS

項次	檢查項目	判定	說明
1	1. 引道路堤		
2	2. 引道護欄		
3	3. 河道		
4	4. 引道護欄-保護措施		
5	5. 橋台基礎		
6	6. 橋台		
7	7. 翼牆/擋土牆		
8	8. 橋墩保護措施		
9	9. 其他		
10	10. 橋墩墩體		
11	11. 橋墩墩體		
12	12. 橋墩墩體		
13	13. 橋墩墩體		
14	14. 橋墩墩體		
15	15. 橋墩墩體		
16	16. 橋墩墩體		
17	17. 橋墩墩體		
18	18. 橋墩墩體		
19	19. 橋墩墩體		
20	20. 橋墩墩體		
21	21. 橋墩墩體		
22	22. 橋墩墩體		
23	23. 橋墩墩體		
24	24. 橋墩墩體		
25	25. 橋墩墩體		
26	26. 橋墩墩體		
27	27. 橋墩墩體		
28	28. 橋墩墩體		
29	29. 橋墩墩體		
30	30. 橋墩墩體		
31	31. 橋墩墩體		
32	32. 橋墩墩體		
33	33. 橋墩墩體		
34	34. 橋墩墩體		
35	35. 橋墩墩體		
36	36. 橋墩墩體		
37	37. 橋墩墩體		
38	38. 橋墩墩體		
39	39. 橋墩墩體		
40	40. 橋墩墩體		

- 主要分為五大部分
- ✓ 基本資料
- ✓ 一般檢測項目
- ✓ 逐跨結構構件評估項目
- ✓ 構件劣化說明與建議修復工法
- ✓ 檢測員意見

# 國內橋梁檢測執行情形探討

## 工作內容

### 人員資格與培訓

由管理單位認可即可，除了非破壞檢測人員資格於條文中明定以外，其他人員資格僅於解說中建議。橋梁管理單位可能有評鑑制度鼓勵，而委辦廠商相關人員則由外聘委員認定及評選機制篩選。

- 「公路鋼結構橋梁之檢測與補強規範」
  - 操作人員 (建議)
  - 檢測人員 (建議)
    - ✓ 應具土木技師或結構技師資格；
    - ✓ 或經管理機關認可之橋梁檢測訓練合格者；
    - ✓ 大學土木相關科系畢業，具一年以上相關實務經驗者；
    - ✓ 專科土木相關科系畢業，具三年以上相關實務經驗者；
    - ✓ 高工土木相關科系畢業，具五年以上相關實務經驗者。
  - 非破壞檢測人員 (條文內容)
    - ✓ 符合CNS13588「非破壞檢測人員資格檢定與授證」相關規定
  - 評估與補強設計人員 (建議)
- 「橋梁檢測方法與應用」建議
  - 檢測人員
    - ✓ 土木相關科系畢業，具三年以上橋梁工程相關經驗
  - 非破壞檢測人員
    - ✓ 符合CNS13588「非破壞檢測人員資格檢定與授證」相關規定

# 國內橋梁檢測執行情形探討

## 工作內容

### 困難與問題

#### 執行面

- ✓ 完全自辦有困難
- ✓ 中央考量安全性之預算編制 vs. 地方經濟發展需求
- ✓ 一縣多治、偏遠地區，橋檢品質良莠不一
- ✓ 竣工資料缺乏
- ✓ 資料正確性有疑慮
- ✓ 有時機具缺乏或通行不便
- ✓ 目視可能困難
  - \* 河中段
  - \* 橋台基礎
  - \* 橋墩基礎
  - \* 支承

↓

經費、人力、工作落實 → 品質?

#### 技術面

已將內容加入研究報告中。

- 公路橋梁D.E.R.&U.法精簡但恐失客觀性；A.B.C.D.N.法劣化評估標準較客觀，但工作量大，無法了解範圍、重要性、橋梁狀況指標，也沒提供對應的維修工法；
- 公路鋼結構橋梁分別於D=1亦須填寫其他指標，與一般公路橋梁於D ≥ 2才填寫不一致。
- D.E.R.&U.法D=2、基礎E值等評斷不易；
- 沒區分未檢測與無法檢測項目，恐造成誤解；
- 「橋墩墩體/帽梁」項目之明確部位需配合圖示或備註說明。部分檢測項目(如隔音牆、防眩版等)歸類「其它」，難以辨識。
- 書籍多，判定準則、修復工法、初評表待統一與完善；
- 公路橋梁D.E.R.&U.法之評判原則、表格填寫有賴手冊或教材訓練說明；
- 評估指標難以正確反應橋梁全面功能(安全、使用、需求)；評估結果支援後續決策應用受限；
- 檢測人員的資格、受訓、認證，無相關規定。



## 人員訪談與專家座談會 工作內容

### 人員訪談

- 作業規定與流程
  - 現有作業規定遵循無困難，但仍有改進空間，相關規定可以更完善、實務。
    - 提供橋梁檢測重點，及增加圖示與判定標準說明。
    - 評鑑機制要能鼓勵橋檢人員去發現問題與解決問題。
  - 多數老舊橋梁缺乏竣工圖說資料。
- 檢測人力
  - 人力普遍不足，橋檢工作承擔責任重，人員流動快，適度委辦成趨勢。
    - 技術性橋梁檢測工作交由專家進行。
  - 橋檢事務技術性高，檢測人員專業素質影響檢測準確度。缺乏人員資格標準與專業認證制度。
    - 檢測員應有資格限制、評估結果應經技師認證、建議定期舉辦教育訓練。

### 專家座談會

- 作業規定與流程
  - 無論是以文字定性描述或照片示範說明等方式，有統一的coding guide配合人員訓練即可有效地降低橋檢結果的變異性。
  - 橋梁竣工資料、首次檢測數據愈早建立愈好，可透過法規制訂有效實施。
- 檢測人力
  - 若橋檢人員缺乏經驗，無法有效判定損傷。
    - 橋檢人員的資格認證規範化是必要的
    - 建議應制定人員資格或建立檢測執照制度。
    - 橋檢人員之教育訓練應該要明文規定。建議於契約中列入橋檢人員的受訓時數要求。

# 人員訪談與專家座談會

## 工作內容

人員訪談	專家座談會
<p>■ 檢測等級</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 各等級之目的與重點不同，均可發現問題，但無決策功能。               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 建議利用數位式檢測及專家小組開會討論，可真正對橋梁擬定有效決策。</li> </ul> </li> </ul> <p>■ 檢測時機</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 檢測頻率視各單位人力及需求而異。               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 檢測頻率可依年份、交通量、需求彈性制定更實際，但決策責任重。</li> <li>➢ 山區橋梁檢測頻率不宜降低，尤其山區小型老舊橋梁，若因位於山區而忽視，往往最容易產生重大損傷。</li> <li>➢ 檢測頻率也不宜過高，因太頻繁檢測，會無法看出損傷。</li> <li>➢ 若要提高檢測頻率，則建議由不同人實施檢測，較能看出橋梁損傷之變化。</li> </ul> </li> </ul>	<p>■ 檢測等級</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NEW ➢ 初始檢測：1.驗收等同初始檢測通過；2.驗收後必須進行初始檢測，若採第二種方式則可能產生驗收資料與初始檢測結果不符的情況，對於驗收人員可能會有責任問題，但對於工程本身則仍有保固期的保障。</li> <li>NEW ➢ 初始檢測以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率等資料建立為原則；至於是否執行初始檢測可由各橋梁管理單位決定。</li> <li>➢ 初檢是否須等完工5年後再建立，應視機關經費預算而定，建議愈早愈好。</li> </ul> <p>■ 檢測時機</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 在經費不足的情況時，位於農路或偏遠山區橋梁的定檢需求可再檢討。</li> <li>NEW ➢ 建議由道路重要性來決定，如山區省道或無替代路線之橋梁，建議仍不宜放寬</li> <li>NEW ➢ 由固定人員進行檢查會更容易發現問題所在。</li> </ul>

# 人員訪談與專家座談會

## 工作內容

人員訪談	專家座談會
<p>■ 儀器設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 目視檢測儀器較無問題，非破壞性檢測等需要使用電子儀器者較有使用問題。               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 電子儀器設備應交由專業人員量測與綜合判斷。</li> <li>➢ 採用數位式檢測僅需攝影器材，唯影音資料儲存空間需求大，需搭配橋梁篩選機制進行。</li> <li>➢ 要有效辦理橋檢工作，軟、硬體應該均調整與配合較佳。</li> </ul> </li> <li>NEW □ 山區橋梁跨徑小，致使大型橋檢車無法使用，或山區道路狹窄，而使大型橋檢車無法通行。</li> <li>NEW □ 橋檢車過於老舊，或操作人員不熟悉操作，致使橋檢車使用上容易故障。               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 老舊儀器設備應建立汰換機制。</li> </ul> </li> </ul>	

# 人員訪談與專家座談會 工作內容

## 人員訪談

- 評估方式
  - D.E.R.&U.法簡便快速，但實用上(如D=2值、基礎E值評估標準)有賴說明。
    - 最好有規則可循。
  - 目視檢測結果難以準確反應橋梁性能，不足以提供決策功能應用。
  - D.E.R.&U.法屬於主觀檢測，即便有範圍界定或損傷定性描述，不同人員仍有不同判定結果。
  - NEW** □ 評估 $D \geq 3$ 且 $R \geq 3$ 時，有管理單位會列管要求其於1年內維修。當評判R超過2尚未達3，若經費足夠，會以R=3填報，以確保橋梁功能；假若個別單位維修經費不足，但橋梁安全無疑，可能會寫R=2。

## 專家座談會

- 評估方式
  - D值評估標準(鋼結構橋與混凝土橋)不一致。國內許多橋檢圖書陳述之檢測標準不盡相同。
    - 建議參考運研所「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」)
  - A.B.C.D.N.精神納入D.E.R.&U.的評估方式有人認為適宜，有人感到繁雜。
  - 避免採D.E.R.&U.檢測後因立即修復而掩蓋損傷的情形，強調檢測人員經驗的重要性。
  - NEW** □ 判斷有疑慮時，可參考日本以會議方式來決議。

# 人員訪談與專家座談會 工作內容

## 人員訪談

- 檢測表格
  - 表格使用方便，但仍會有誤填或混淆情形，需配合圖示說明使用；是否能正確使用受使用者素質與經驗影響大。
    - 可利用附註欄位詳細補充損傷情形。
    - 可考慮數位式檢測，以完整確實反映橋梁健康狀況，且不需要新增表格。
  - 未檢測與無法檢測項目因無區分(均以0填寫)，造成判讀誤解。
    - 建議應以#或\*等符號區分此項目。
  - 特殊橋能帶出自己的格式更好。
  - 表格無法反應橋梁全面功能(安全、使用、需求)。且CI、PI等橋梁狀況指標會因項目眾多而稀釋橋梁健康狀況。

## 專家座談會

- 檢測表格
  - 評估表因改版造成資料不連續。初步評估表的格式也未統一。
    - 建議應整合制定統一格式的初步評估表。

# 人員訪談與專家座談會 工作內容

人員訪談	專家座談會
<p>■ 檢測項目</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 檢測項目基本適當、都很重要，<b>關鍵項目</b>(安全性、使用性)<b>因人而異</b>。</li> <li>□ 橋梁<b>闢道</b>與主線間的伸縮縫目前放在D.E.R.&amp;U.表內易混亂。           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 闢道應<b>另外獨立成另一座橋</b>檢測，以符合各橋墩的編號順序以免搞亂。</li> </ul> </li> <li>□ 「<b>橋墩墩體/帽梁</b>」項目難了解損傷<b>明確部位</b>，需配合<b>損傷圖示</b>或備註說明。<b>部分</b>檢測項目(如隔音牆、防眩版等)歸類「其它」，<b>難以辨識</b>。           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 建議採用數位式檢測利用影音完整記錄，許多橋梁檢測項目可以減免。</li> </ul> </li> <li><b>NEW</b> □ 目前<b>檢測項目</b>僅對橋梁<b>本體</b>評估，<b>並無</b>包括<b>外部</b>危害因素考量。</li> </ul>	

# 人員訪談與專家座談會 工作內容

人員訪談	專家座談會
<p>■ 辦理方式</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>人力不足</b>加橋檢事務<b>技術性</b>偏高，若自辦橋檢工作之人員<b>資格</b>沒有限制，<b>正確性與品質</b>會受到質疑，對具專業性問題或特殊性橋梁朝向適當委外辦理。委外採<b>評選標</b>或<b>價格標</b>，乃受<b>經費多寡</b>影響。           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 自辦透過<b>嚴謹查核機制</b>以確保工作<b>落實</b>及橋檢品質。</li> <li>➢ 自辦者應<b>定期</b>委辦橋梁<b>總體檢</b>，確實檢查橋梁狀況。</li> <li>➢ 委辦採<b>價格標</b>者，應建立<b>保險機制</b>，如由標準<b>工作手冊</b>與清楚詳細的<b>契約規定</b>(含罰則)來保障品質。</li> <li>➢ 運研所「<b>橋梁檢測契約範本</b>」，可供橋管單位參考。</li> </ul> </li> <li>□ <b>一縣多治、偏遠地區</b>，橋檢品質良莠不一。</li> <li>□ 緊急或特別檢測的人力、儀器及車具尚嫌不足，於要求<b>時間內</b>或執行上略為<b>勉強</b>。有時會遭遇<b>現地施工機具與通行路徑</b>缺乏。           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 建議適時導入橋檢<b>新科技</b>技術。</li> </ul> </li> <li>□ <b>落實</b>橋檢及<b>資料</b>能否反應橋梁現況<b>最重要</b>，最大問題是資料<b>不正確</b>。</li> </ul>	<p>■ 辦理方式</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 橋檢的<b>工作內容、費用、品質標準</b>未界定清楚也無所依循，<b>品質保障</b>恐有疑慮。           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 橋檢<b>工作內容、費用、品質標準、品質確保</b>手段及人員<b>資格規定</b>等應加以明訂。</li> </ul> </li> <li>□ 有<b>素質之顧問公司</b>數量有限，<b>偏遠地區</b>之橋檢事務採委外辦理時，常遭遇顧問公司<b>素質參差不齊</b>之情形。           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>橋檢複核</b>確保工作<b>落實</b></li> </ul> </li> </ul>

# 人員訪談與專家座談會 工作內容

人員訪談	專家座談會
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 檢測經費               <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 一般橋檢費用無疑慮，進階檢查及改善費用略不足且不穩定。                   <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 建議編列預備金支應，或建立年度專業廠商之開口契約，以短期內辦理緊急工作或工程。</li> </ul> </li> <li>□ 橋梁相關經費受政府預算與首長施政重點影響。</li> <li>➢ 建議中央預算編列可適度考慮地方發展需求。</li> <li>➢ 可推動數位式檢測，僅需提供專家顧問費用，應無經費上的困擾。</li> <li>➢ 對新建橋梁推動「30年以內免維修」，僅需日常巡查，減少定檢作業與成本。是否為30年，再研究!</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 檢測經費               <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 中央預算編制考量(安全性)可能不滿足地方預算需求考量(發展性)</li> </ul> </li> </ul>

# 人員訪談與專家座談會 工作內容

人員訪談	專家座談會
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 檢測結果應用於維管決策               <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 作為維修、進階檢查及編列相關預算之依據。</li> <li>□ 作為橋梁維管作業評鑑依據。</li> <li>□ 提供橋梁管理系統資訊。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 檢測結果應用於維管決策               <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 橋管系統維修工法建議選項無法明確對應處理橋梁損傷問題。</li> <li>➢ 可固定進行橋梁實驗並保存數據，以利橋梁相關研究及橋梁工程發展。</li> </ul> </li> </ul>

# 現地檢測與變異性分析

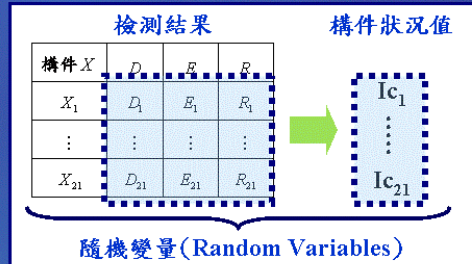
工作內容

## 現地檢測作業問題點

## 檢測結果變異性分析

### 檢測結果變異性主要來源

- 主觀認知差異
- 專業檢測教育訓練與否
- 經驗程度差異
- 檢測表中項目是否清楚
- 依循準則是否一致
- 工具是否備妥



### 變異性指標 Var[.]

DataBase=

{D<sub>i,j</sub>, E<sub>i,j</sub>, R<sub>i,j</sub>; i=1,...,21(項), j=1,...,30(人)}

$$Var[D_i] = \frac{\sum_{j=1}^N (D_{i,j} - E[D_i])^2}{N-1}, E[D_i] = \frac{\sum_{j=1}^N D_{i,j}}{N}$$

### 現地檢測作業可能遭遇之其它情形

- ✓ 編號順序混亂
- ✓ 現地GPS座標與橋管系統資料不符
- ✓ 缺乏竣工圖說
- ✓ 構件部位不易檢測

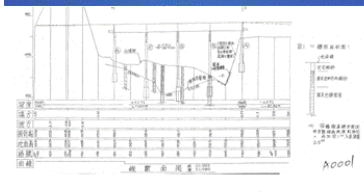
# 現地檢測與變異性分析

工作內容

## 現地檢測作業規劃

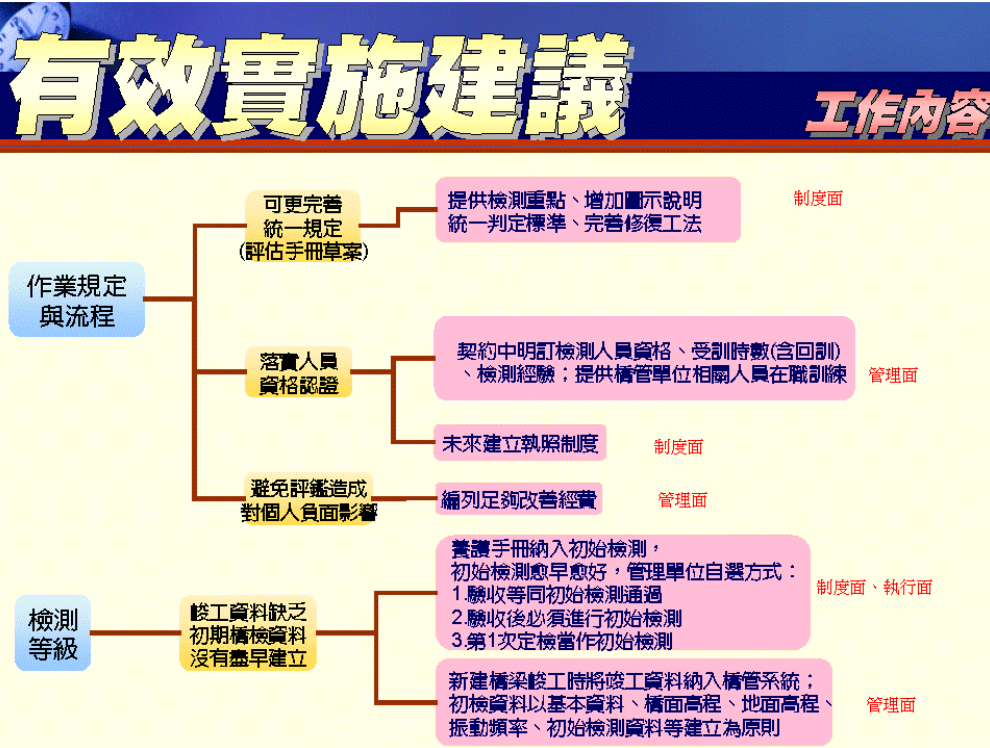
>30人

>檢測經驗：2年以內、2-5年、5年以上



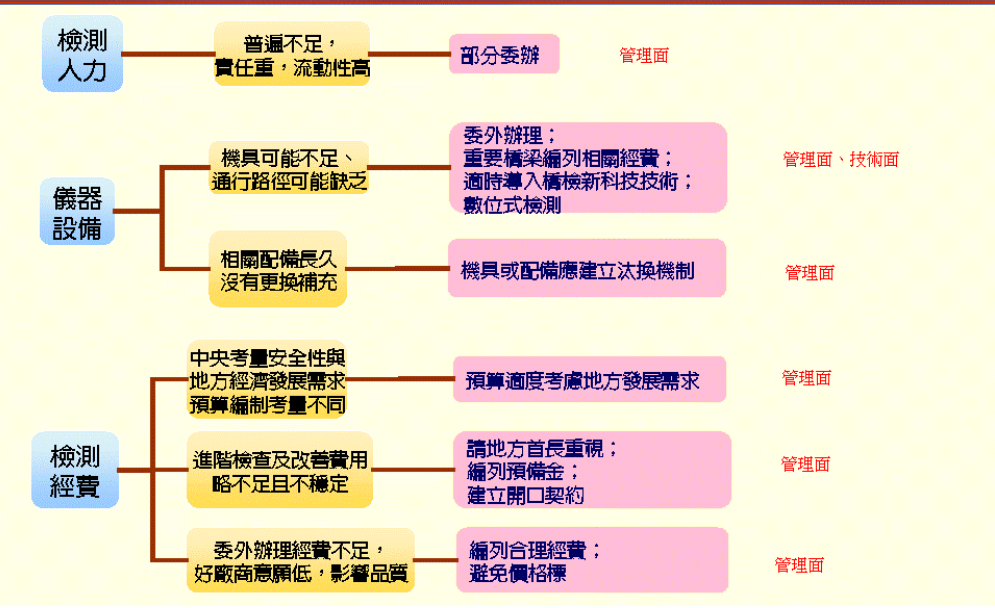






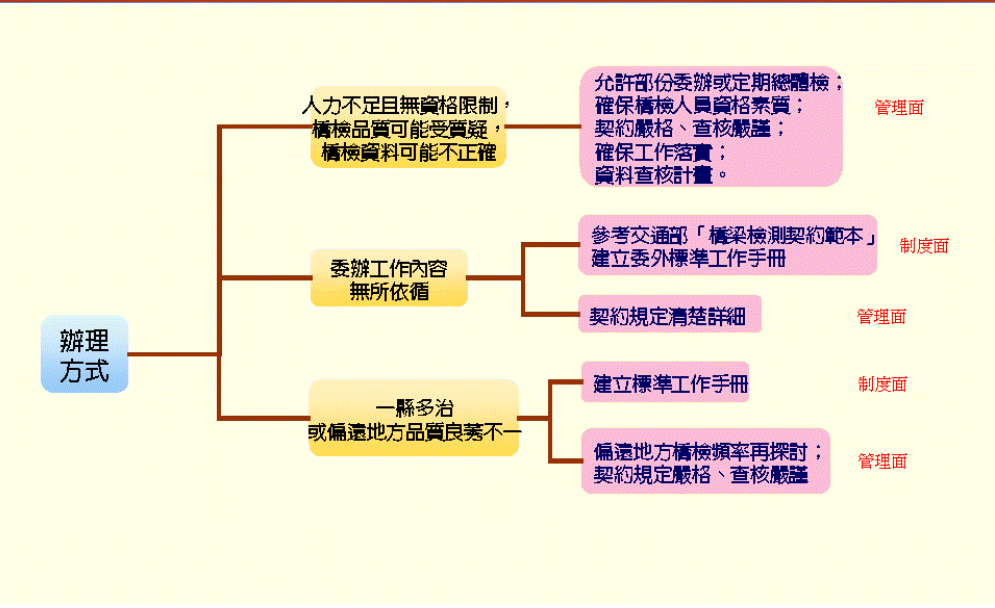
# 有效實施建議

## 工作內容



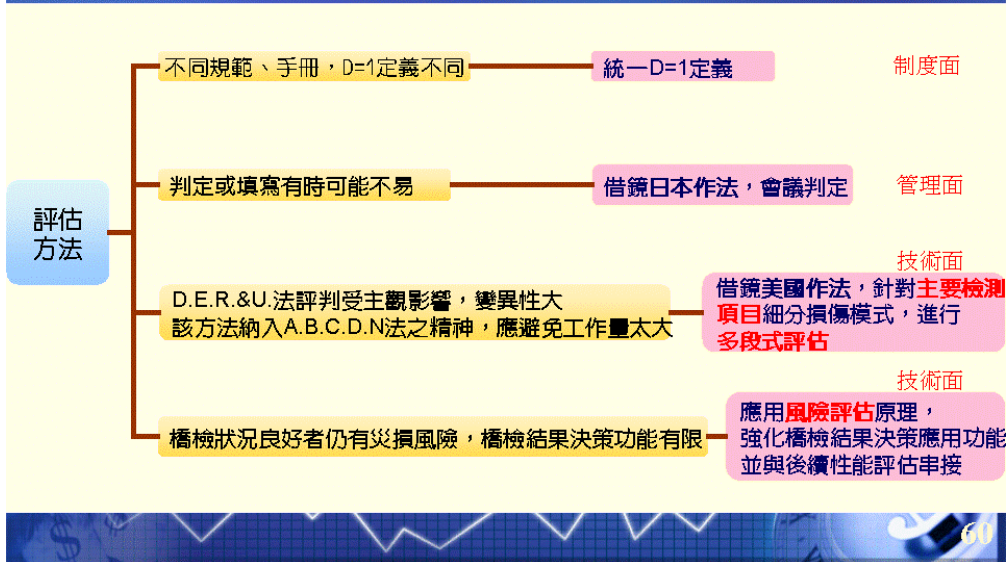
# 有效實施建議

## 工作內容



# 有效實施建議

工作內容



# 有效實施建議

工作內容

主要檢測項目

- ✓ 對橋梁功能影響較大之構件 → 重要性權重=構件損傷影響橋梁功能之嚴重性
- ✓ 橋管系統中，項目發生損傷之比例高 → 統計之橋梁中，該項失效可能性高
- ✓ 可能性\*嚴重性 → 統計之橋梁中，該項目影響橋梁功能之風險較高者

項目編號	項目名稱	權重(%)	損傷比例(%)	排序指標
18	主構件(大梁)	8	20.7	0.27300
14	橋墩墩體/帽梁	7	15	0.17310
20	橋面板/銜接版	7	14.3	0.16502
6	橋台	5	16.7	0.13765
19	副構件(橫隔梁)	6	8.6	0.08506
11	欄杆及護牆	3	6.5	0.03215

考慮三種權重，前5項一致

98年度以前全台橋梁中構件D≥2之橋梁比例

項目編號	項目名稱	權重(%)	損傷比例(%)	排序指標
19	副構件(橫隔梁)	6	10.0	0.13417
18	主構件(大梁)	8	7.0	0.12528
7	翼牆/擋土牆	5	9.6	0.10676
6	橋台	5	8.4	0.09326
3	河道	5	7.5	0.08356
11	欄杆及護牆	3	11.3	0.07527
20	橋面板/銜接版	7	4.8	0.07463
15	支撐/支承墊	5	4.4	0.04860

目前全台橋梁中構件D≥3之橋梁比例

# 有效實施建議

## 工作內容

檢測項目			細項判定及其說明			照片編號	綜合判定及其說明		
			D	E	說明		D	E	說明
橋台	近端 (遠端)	橋台傾斜、移動、沉陷							
		混凝土裂縫							
		混凝土剝落							
		混凝土蜂窩							
		混凝土空洞							
		鋼筋外露、銹蝕							
		排水孔堵塞 其他損傷							

多  
段  
式  
評  
估

檢測項目			細項判定					照片編號 及說明	綜合判定及其說明		
			(原表E改為→) 損傷範圍百分比						D	E	說明
D=0	D=1	D=2	D=3	D=4							
0	50%	10%	40%	0							
橋台傾斜、移動、沉陷											
混凝土裂縫											
混凝土剝落											
混凝土蜂窩											
混凝土空洞											
鋼筋外露、銹蝕											
排水孔堵塞											
其他損傷											

# 有效實施建議

## 工作內容

應用風險評估原理，強化橋梁檢測結果之維管決策之應用，串接橋檢與性能評估。

- ✓ 橋梁層級 (目視檢測與性能評估等後續工作結合)
- ✓ 構件層級 (加值目視檢測結果之應用)

### 構件層級



#### 各檢測項目-構件

- 各構件影響橋梁功能之風險
- 關鍵構件
- 工作重點
- 經費應用

### 橋梁層級

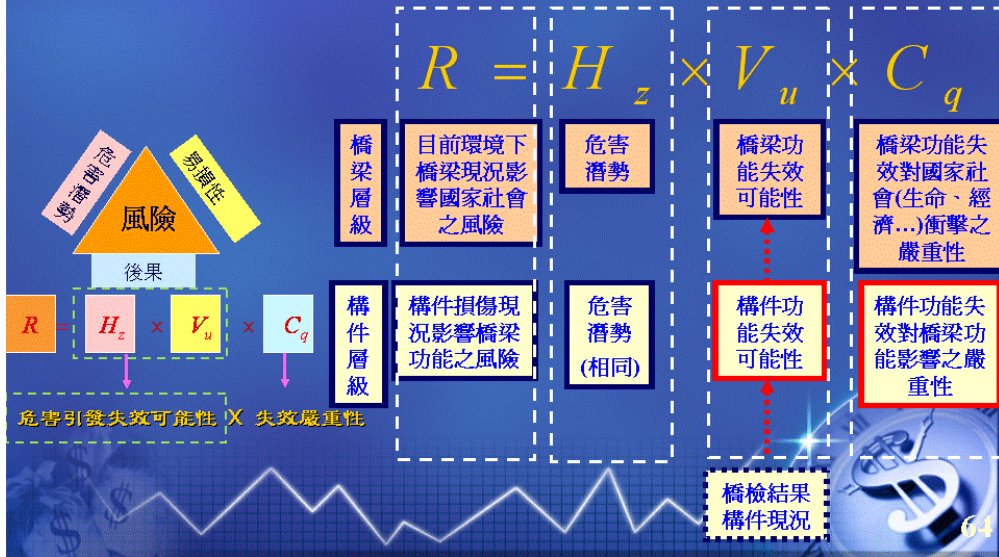


#### 各橋梁整體

- 各橋梁影響國家社會之風險
- 關鍵橋梁
- 工作重點
- 經費應用

# 有效實施建議

工作內容



# 有效實施建議

工作內容

**構件層級**

E	1	2	3	4
D				
1	0	7	21	50
2	15	28	48	68
3	35	55	75	88
4	62	82	94	100

**步驟一：評估項目構件j【損傷程度(D<sub>j</sub>)與損傷範圍(E<sub>j</sub>)】**

**步驟二：求【構件功能失效之可能性指標P<sub>j</sub>(%)】**

例如：
$$P_j = \frac{\sum_{i=1}^n (D_j \times E_{ij})}{4 \times 4 \times n}$$
，i=檢測項目編號，j,n=所含細項編號與總數

**步驟三：求【檢測項目功能失效之可能性指標P<sub>i</sub>(%)】**

- 單支：P<sub>i</sub>=P<sub>ij</sub>；
- 多支：1)平均；2)分類取代表性平均；3)  $P_i = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{ij})$

**步驟四：針對所考慮之風險來源，求構件失效嚴重性【構件功能失效影響橋梁功能之後果指標R<sub>i</sub>\*】**

- R取構件權重(視風險來源改變)，代表構件功能失效後對橋梁安全性與服務性影響度。
- 以檢測項目R<sub>i</sub>\*max=100正規化

**步驟五：組合可能性及後果嚴重性指標，評估【構件風險(或關鍵性)指標U<sub>i</sub>\*】**

- 依目前現況，組合方式可先採用乘積，如  $P_i \times R_i$
- 亦可採用關鍵性矩陣圖表，待進一步研究。
- U\*越大，風險越高

**步驟六：用加法組合構件U<sub>i</sub>\*為U\*，計算【影響橋梁功能之狀況指標CI\*】**

例如：
$$CI^* = 100 - 100 \times U^* / \sum_{i=1}^{21} R_i$$

- CI\*越大，狀況越好，構件影響橋梁功能風險越低

**步驟七：關鍵性構件或橋梁狀況【排序】**

# 有效實施建議

工作內容

## 現地檢測橋梁案例

表 8-5 CI*=96.18 (CI=99)	表 8-6 新 CI*=96.37 (新 CI=99.03)	表 8-7 PI=93.98 (PI=99.00)	表 8-8 新 PI=94.1731 (新 PI=99.03)	表 8-9 PI* <sub>建議</sub> =92.56 (新 PI=99.03)			
構件項目 名稱	U <sub>i</sub> (%)	構件項目 名稱	U <sub>i</sub> (%)	構件項目 名稱	U <sub>i</sub> (%)	構件項目 名稱	U <sub>i</sub> (%)
12 橋墩保護設施	13.75	8 摩擦層	13.81	12 橋墩保護設施	41.25	12 橋墩保護設施	38.74
8 摩擦層	13.13	12 橋墩保護設施	12.91	8 摩擦層	13.13	8 摩擦層	13.81
9 橋面排水設施	7.5	9 橋面排水設施、11 欄杆及護欄	5.06	9 橋面排水設施	7.5	9 橋面排水設施、11 欄杆及護欄	3.06
11 欄杆及護欄	5.63	20 橋面板/銜接版	3.03	11 欄杆及護欄	5.63	20 橋面板/銜接版	3.03
17 伸縮縫	4.5	17 伸縮縫	2.71	17 伸縮縫	4.5	17 伸縮縫	2.71
20 橋面板/銜接版	3.28			20 橋面板/銜接版	3.28		

表8-5：Pi=Pij平均值；R\*值依據表2-43(舊CI)構件權重正規化。

表8-6：Pi=Pij平均值；R\*值依據表2-44(新CI)構件權重正規化。

表8-7：以Pij為0~21%、21%~48%、48%~100%分類，取代表性者平均值做為Pi；R\*值依據表2-43(舊CI)構件權重正規化。

表8-8：以Pij為0~21%、21%~48%、48%~100%分類，取代表性者平均值做為Pi；R\*值依據表2-44(新CI)構件權重正規化。

$$表8-9： P_i = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{ij})$$

R\*值依據表2-44(新CI)構件權重正規化。

# 有效實施建議

工作內容

## 現地檢測橋梁案例



檢測項目	12 橋墩保護設施			13 橋墩基礎	14 橋墩墩身/橋梁	15 支承/支承墊	16 止震塊/拉桿	17 伸縮縫 (A1/A2/P1/P2/P3)	18 主構件 (大梁)	19 副構件 (橋偏梁)	20 橋面板/銜接版
	P1	P2	P3								
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I <sub>c1</sub>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
I <sub>c2</sub>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P <sub>i</sub> (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P <sub>j</sub> (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新CI內 權重(%)	3	2	5	3	6	5	5	3	4	2	3
R*(%)	46	34	65	36	90	86	50	40	34	-	34
U <sub>i</sub> (%)	0	0	0	0	0	0	0	13.8	5.1	-	5.1

【新PI = 99.03】 versus 【CI\* = PI\*<sub>建議</sub> = 92.56】

# 有效實施建議

工作內容

## 優點：

- 僅需依據D、E，減少主觀性之影響程度
- 有效反應構件損傷程度與範圍之影響 ( $P_{ij}$ 表)
- 針對含多支構件之檢測項目，有效反映相同損傷程度對應不同損傷支數之影響 ( $P_{ij} \rightarrow P_i$ )
- 掌握影響單一橋梁安全性與服務性之關鍵構件 ( $U^*$ )
- 有效反映影響橋梁功能之橋梁整體狀況 ( $CI^*$ 或 $PI^*$ )
- 可據此排出維護管理重點與優先順序
- 容易納入既有橋管系統
  - ✓ 針對整合性風險或耐洪、耐震等單一風險，該方法可以應用既有橋檢資料
  - ✓ TBMS系統面：增加新指標之方式，通過邏輯層處理，小修介面即可成功實施

# 有效結合實施建議

工作內容

應用風險評估原理，強化強梁檢測結果之維管決策之應用，串接橋檢與性能評估。

- ✓ 橋梁層級 (目視檢測與性能評估等後續工作結合)
- ✓ 構件層級

- ✓ 建立結合橋梁檢測之橋梁風險初步評量表
  - ✓ 危害潛勢影響因子
  - ✓ 橋梁易損性影響因子 (納入橋檢結果)
  - ✓ 橋梁損傷後果影響因子
- ✓ 現行各指標、耐洪能力、耐震能力、承載能力初步評估表之項目納入本土化考量





# 有效結合實施建議

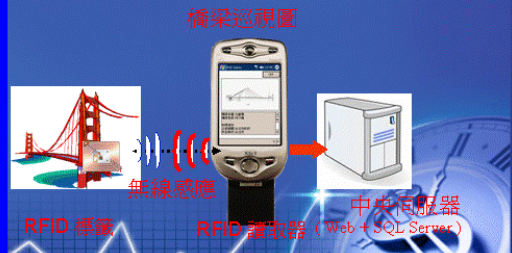
工作內容

TBMS系統面：

- ✓ 構件層級：增加新指標U\*、CI\*，以既有資料通過邏輯層處理，小修介面即可實施
- ✓ 橋梁層級：
  - ✓ 「檢測資料模組」：同時納入「構件檢測資料」與「其他檢測資料」
  - ✓ 增加「風險管理模組」：單一與綜合風險指標，排序，維護管理建議

既有資訊系統：

- ✓ 除錯
  - ✓ 資料查核：現場用前端軟體、可交換資料
  - ✓ 加值應用
- 專家系統
- ✓ 維修建議
  - ✓ 補強建議
- 落實檢測到位：
- ✓ 行動裝置+RFID
  - ✓ 影音

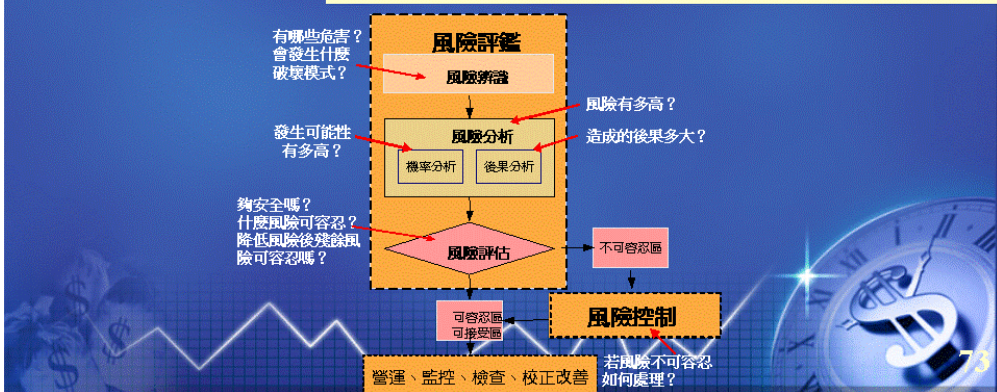


# 風險評估之規劃建議

工作內容



- 風險來源：天然外力、營運、系統內部與社會(承載、耐洪、耐震、土石流、交通、社會危害...)
- 風險辨識：危害-風險因子-損傷或破壞或失效模式
- 風險分析：(定性)、半定量、定量；數據多寡→不同方法；關鍵性指標或矩陣、期望值或F-N圖
- 風險評估：可接受、可容忍標準
- 風險控制：迴避、減輕、轉移或接受



# 風險評估之規劃建議

工作內容

- |           |   |
|-----------|---|
| 100<br>年度 | 探討與分析國內橋梁檢測制度規定與執行情形之問題與困難，吸取國外作法之優點，結合國內專家建議，提出本土化橋梁檢測有效實施之建議，以及橋梁檢測評估與國內相關規範、資訊系統有效結合實施之建議。橋梁風險評估之規劃建議。 |
| 101<br>年度 | 系統性風險辨識：風險來源及相關潛勢影響因子；構件及橋梁之損傷或破壞模式，橋梁易損性之影響因子，建立其與破壞模式之對應關係；橋梁損傷後果嚴重性及其影響因子；建立本土化橋梁風險評量表與指標。             |
| 102<br>年度 | 建立結合橋梁檢測之風險分析方法；危害潛勢分析法；易損性分析法；損傷後果嚴重性分析法；各類風險指標或風險矩陣評估法；綜合風險指標計算方法。                                      |
| 103<br>年度 | 建立風險評估之程序與標準，提出風險控管之程序與措施，以及其他決策應用之方法，規劃未來發展方向。   |

整體  
目標

建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式，經由落實檢測工作，確實掌握橋梁狀況與亦損性，了解可能的與關鍵的風險來源以及維護管理工作重點，達到維護甚至延長橋梁壽齡之目的。

# 簡報內容

背景述要

執行進度

工作內容

結論與建議

# 美、日、台橋梁檢測作業比較 結論與建議

	美國	日本	台灣
檢測法規	規範、手冊、指南	手冊	規範、手冊、作業要點
檢測組織	專案管理、分工與權責清楚	檢測員+監督員負責制	多無專職人員
人員資格	人員資格限制、提供多種途徑、強調教育訓練	檢測員資格限制、提供多種途徑、強調實務經驗	規範解說提供多種途徑，但實際多無強制人員資格限制，提供年度教育訓練機會
檢測類型	初始檢測、定期檢測、破壞檢測、深化檢測、特殊檢測	初期檢測、平常檢測、定期檢測、詳細檢測、臨時檢測	經常巡查、定期檢測、特別檢測(半年檢測、詳細檢測...)
檢測頻率 (e.g. 定檢)	定檢2年1次，提供彈性增減；經允許，最低4年1次	平常檢測頻率依交通量定；定檢頻率1年1次，允許彈性調整	巡查頻率依交通量定；定檢第5年第1次、至少2年1次，提供彈性增減，核准最低4年1次
檢測方式	非破壞性檢測、破壞性檢測	非破壞性檢測、破壞性檢測	非破壞性檢測、破壞性檢測
評估方法	構件損傷程度與範圍 (Smart Falg、Multi-path) → 部位損傷→橋梁能力 (人員判斷+量化指標)	構件詳細劣化情形→構件損傷對功能面之影響評等 (人員判斷+會議)	構件損傷程度、範圍、影響、急迫性(D.E.R.&U.為主)；亦有納入劣化模式評估。(人員判斷)

# 國外橋檢作法借鏡 結論與建議

- 美、日
  - 建立人員資格等相關規定；提供多種滿足資格的途徑。
  - 透過初始或初期檢測掌握橋梁原始狀況。
- 日本
  - 區分檢測員與監督員權責，構件損傷評等由監督員把關；損傷嚴重或有疑慮以會議發揮群體智慧來判定。
- 美國
  - 橋梁系統分層級拆解作法，適用於不同橋型與材質。
  - 由構件損傷現況，並結合承載能力詳評以及其他資料，進行綜合能力評等 (SR)，作為維修與改建決策依據，串接橋梁檢測、能力評估以及維管決策。
  - 「NBE+Smart Flag」(AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual) —影響結構承載與安全性的主要構件之損傷模式進行較詳細的評判；再結合多段式評估Multi-path model，可減小人為判定變異性。
  - 橋梁管理系統納入風險管理、多目標最佳化模組。

# 國內橋檢主要問題點

結論與建議

## 作業規定與流程

- ✓ 相關規定可更完善、實用
- ✓ 人員資格標準與認證制度有待落實

## 檢測項目

- ✓ 檢測項目僅對橋梁本體評估，並無考量外部危害因素，狀況良好橋梁仍有損傷風險
- ✓ 部分檢測項目均歸類「其它」，難以分辨

## 檢測時機

- ✓ 定檢頻率可以更實際

## 檢測表格

- ✓ 未檢測與無法檢測難區分
- ✓ 會不會正確使用受使用者素質與經驗影響，仍會有誤填或混淆情形
- ✓ 初步評估表恐因改版造成資料不連續
- ✓ 初步評估表格式未統一

## 檢測等級

- ✓ 竣工資料、初期橋檢資料可能缺乏

## 檢測人力

- ✓ 普遍不足

## 評估方式

- ✓ 僅目視檢測結果難準確反應橋梁性能，目視檢測結果之維管決策應用有限
- ✓ D. E. R. & U. 法受檢測人員主觀判斷影響，檢測結果具變異性
- ✓ 「公路橋梁一般目視檢測手冊」與「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，D=I定義不同
- ✓ 可能有評判或填寫不易情形
- ✓ A. B. C. D. N. 精神納入D. E. R. & U. 法推行上恐有困難，希望統一為D. E. R. & U. 法
- ✓ 國內缺乏統一的coding guide作為橋檢評估準則。「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」已朝此方向努力，有待落實

# 國內橋檢主要問題點

結論與建議

## 檢測經費

- ✓ 橋檢費用無疑慮，進階檢查及改善費用略不足且不穩定
- ✓ 中央考慮安全性的預算編制可能不滿足地方考慮發展性的預算需求
- ✓ 若委辦經費不足，素質高的顧問公司參與意願低，恐影響橋檢結果正確性

## 辦理方式

- ✓ 橋檢技術層次較高，自辦橋檢人員若無資格限制，橋檢正確性與品質恐受質疑，橋檢結果恐不被認可
- ✓ 委辦若採價格標，且橋檢事務委外的內容無所依循，品質保障恐有疑慮
- ✓ 一縣多治或偏遠地方，橋梁檢測品質良莠不一
- ✓ 落實橋檢及資料能否反應橋梁現況最重要，最大問題是資料不正確

## 儀器設備

- ✓ 非破壞性檢測等需要使用電子儀器者對使用者要求較高
- ✓ 有時遭遇現地施工機具不足或道路無法通行
- ✓ 若橋檢車過於老舊，或臨時替換之操作人員不熟悉操作，恐造成使用故障情形

# 國內橋檢有效施行建議

結論與建議

## 建議-制度面

- ✓ 相關手冊統一提供檢測準則：檢測重點、圖示說明、判定標準，完善修復工法。
  - 目前運研所「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」研究成果中已納入，有待實施。
- ✓ 推行橋檢人員資格認證制度，以確保橋檢結果正確性。
- ✓ 養護手冊中檢測等級增加初期檢測。
  - 國內可以考慮以下三種方式：
    1. 【驗收】=【初始檢測通過】→幾乎等同現行作法，難彰顯效益
    2. 驗收後進行初始檢測→可能產生驗收資料與初始檢測結果不符情況，由工程保固期保障
    3. 【以5年內完成第1次橋檢】=【初期檢測資料】→恐不能儘早發現早期問題  
橋梁管理單位可自行決定採用何種方式，但建議**初始檢測愈早愈好**。
- ✓ 養護手冊中檢測頻率訂定與國外一致，應為適當。
  - 各管理單位欲依需求調整時，仍以符合公路養護手冊規定為準。
- ✓ 檢測表中，未檢測與無法檢測以符號區分或參考評估手冊(草案)之建議。
- ✓ 配合未來技術發展，統一建立結合橋檢結果之初步評估表。
- ✓ 參考交通部「橋梁檢測契約範本」，建立橋檢事務委外之標準工作手冊。
- ✓ 同運研所「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」研究成果建議：統一(「公路橋梁一般目視檢測手冊」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」)有無損傷情形對應D值之定義與判定標準。

# 國內橋檢有效施行建議

結論與建議

## 建議-管理面(1)

- ✓ 檢測判定或填寫有時不易時，開會決議。
- ✓ 橋管系統維修工法建議選項有待完善，以明確對應處理不同損傷問題。
- ✓ 新建橋梁竣工時，由建造單位將竣工資料放入橋管系統。配合初始檢測制度，於橋管系統建立初始資料，以基本資料、橋面高程、地面高程、振動頻率、初始檢測等資料建立為原則。
- ✓ 自行調整檢測頻率時，農路或偏遠山區橋梁之定檢頻率可再檢討。
  - 重要橋梁及狀況不佳橋梁，定檢頻率不宜調降；
  - 若要提高定檢頻率，除考慮橋梁損傷變化需求，亦須考慮人力經費需求及委外辦理可能性。
  - 配合技術發展，未來可依橋梁風險高低調整檢測頻率。
- ✓ 在有限經費與時程下，現場作業以現行簡便之目視檢測表較可行。詳細說明資料可儲存於橋管系統，可考慮數位檢測。可開發現場用前端軟體，可與橋管系統進行資料交換。若有改版，需考慮資料延續性。
- ✓ 自辦橋檢工作共用機具者，機具或配備應有汰換機制，避免使用功能勘慮之橋檢車。非破壞性檢測相關儀器需由專業人員使用，相關工作可以委外辦理。檢測工具適時導入新科技，目前對狀況很差者可考慮以數位檢測輔助，但不建議取代現行作法，未來配合資訊技術發展，軟硬體精進，全面性數位檢測可作為長期發展之方向。

# 國內橋檢有效施行建議

結論與建議

## 建議-管理面 (2)

- ✓ 適度增加橋檢人力；允許部分委外，特別是技術性高的工作允許委外由有經驗之專業人員辦理。
- ✓ 評鑑機制應能鼓勵橋檢人員去發現問題與解決問題，要避免評鑑造成負面影響。
  - 管理面應有配套措施。
  - 當發現需維修之橋梁或構件數目較多時，應編列足夠改善經費。
- ✓ 中央預算編制適度考慮地方發展需求，地方首長重視橋梁維護。
  - 管理單位編列預備金或建立年度專業廠商之開口契約。
  - 採委外辦理者，依委外項目編列合理經費，盡量避免價格標。
- ✓ 以嚴格的契約與嚴謹的查核來保障品質。
  - 自辦橋檢工作除適度委外辦理以外，亦可定期委辦橋梁總體檢，確實檢查橋梁狀況；
  - 交通部已有「台灣地區橋梁管理系統」橋梁資料查核計畫，對確保資料正確性有助益。
- ✓ 在人力有限情況下，確保橋檢人員資格素質。
  - 招標契約明訂承包檢測人員資格，特別是受訓時數及檢測經驗實績；
  - 針對橋管單位之相關人員提供在職訓練，提升專業與技術能力。

# 國內橋檢有效施行建議

結論與建議

## 建議-技術面

- ✓ 檢測工具適時導入新科技。
- ✓ 導入新科技，確保橋檢工作落實。例如行動裝置搭配RFID或影音之應用。
- ✓ D. E. R. &J. 法與 A. B. C. D. N. 法之取舍或結合長期受到關注，現況以【D. E. R. &J. 法】或【結合 A. B. C. D. N. 法精神之 D. E. R. &J. 法】為主，讓行之有年的橋檢工作與檢測資料有統一基準，橋管系統資料亦得以持續應用。現行【結合 A. B. C. D. N. 法精神之 D. E. R. &J. 法】針對所有檢測項目，多數反映執行面較繁瑣，本研究建議以 D. E. R. &J. 法為基準，僅少部份主要項目納入 A. B. C. D. N. 法精神，不致使工作量增加過大。依【檢測項目影響橋梁功能權重】及【橋管系統統計損傷比例】，建議主要項目包括：主構件(大梁)、橋墩墩體/帽梁、橋面板、橋台、副構件(橫隔梁)。
- ✓ 為減小檢測結果變異性，參考美國做法，對上述少部份主要項目，針對各損傷模式採用多段式 (multi-path) 評估方式。
- ✓ 本研究建議將【風險評估】原理應用於【構件層級】與【橋梁層級】，以強化 D. E. R. &J. 檢測結果於橋梁維護管理決策之應用，串接橋檢與性能評估，以了解影響橋梁功能之關鍵構件、關鍵風險來源、橋梁狀況與易損性以及損傷後果，便於掌握維護管理工作重點。本期提出【構件層級】風險評估具體步驟，並以實例驗證其可行性。
- ✓ 為建立結合橋梁檢測之本土化橋梁風險管理決策模式，提出未來各年度研究內容。

# 預期效益

- ✦技術面：借鏡國外經驗，與國際技術接軌
- ✦管理面：解決國內檢測作業困難與問題
- ✦經濟面：有效風險管理，節省維護補強經費
- ✦社會面：橋梁壽命與安全確保，解除社會疑慮

簡報完畢  
敬請指教