

107-081-1410

MOTC-IOT-105-PEB018

# 我國橋梁檢測方式之發展探究



交通部運輸研究所

中華民國 107 年 9 月



107-081-1410

MOTC-IOT-105-PEB018

# 我國橋梁檢測方式之發展探究

著者：蘇振維、張舜淵、楊幼文、江明益、黃俊豪、  
姚乃嘉、王仲宇、陳明正、廖先格、葉啟章、  
許文科、任以永、魏薪怡

交通部運輸研究所

中華民國 107 年 9 月

### 我國橋梁檢測方式之發展探究

著者：蘇振維、張舜淵、楊幼文、江明益、黃俊豪、姚乃嘉、王仲宇、陳明正、  
廖先格、葉啟章、許文科、任以永、魏薪怡

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.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw) (中文版 > 數位典藏 > 本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 107 年 9 月

印刷者：承亞興圖文印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 5 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：非賣品

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：我國橋梁檢測方式之發展探究			
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 107-081-1410	計畫編號 105-PEB018
本所主辦單位：運輸計畫組 主管：張舜淵 計畫主持人：蘇振維(前主管) 研究人員：張舜淵、楊幼文、 江明益、黃俊豪 聯絡電話：(02)2349-6805 傳真號碼：(02)2545-0427	合作研究單位：國立中央大學 計畫主持人：姚乃嘉 研究人員：王仲宇、陳明正、廖先格、葉啟章 許文科、任以永、魏薪怡 地址：桃園市中壢區中大路 300 號 聯絡電話：(03)422-7151 轉 34034		研究期間  自 105 年 6 月 至 105 年 12 月
關鍵詞：橋梁檢測規範、橋梁目視檢測、ABCDN 評估法、DER&U 評估法			
摘要：			
<p>橋梁會隨著時間逐漸老化或因外力而損壞，為維持橋梁的服務功能與結構安全性，橋梁的維護與管理成為重要的課題。國內首部公路養護規範於民國 76 年頒布。早期國內橋梁之目視檢測主要分為 DER&amp;U 及 ABCDN 兩種目視檢測法，民國 92 年頒布之「公路養護手冊」將橋梁定期檢測方法明定為 DER&amp;U 目視檢測法，並規定至少每兩年檢測一次。「公路養護手冊」廢止後，目前國內橋梁檢測相關規範包括「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(民國 97 年頒布)、「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(民國 99 年頒布)、「公路養護規範」(民國 101 年頒布)及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(民國 104 年頒布)。97 年及 104 年版之規範將 ABCDN 之表格及評估準則導入 DER&amp;U，同時，104 年版規範對於混凝土結構劣化程度判定，過於嚴格且不易操作，將加深現場執行目視檢測人員判讀壓力，並可能造成檢測結果過於保守及失去鑑別度之情況。</p> <p>本研究回顧我國橋梁管理之發展過程，訪談了 20 個橋梁管理機關或單位(共 34 位專家)，並舉辦一場專家座談會，了解各方對過去及現在之檢測規範的看法與建議，本研究亦挑選桃園市境內三座混凝土橋梁，使用傳統之 DER&amp;U 檢測法、104 年版規範以及日本高速公路公司之檢測規範進行橋梁檢測，經由前述過程得到以下結論：(1)傳統之 DER&amp;U 目視檢測評估法適合我國之檢測現況、(2)ABCDN 化之 DER&amp;U 檢測法依現有檢測預算難以確實執行、(3)過於保守之劣化評估標準失去檢測鑑別度；最後並提出九點建議：(1)高公局依交通部技監室之建議，以「部頒規範採綱要性、原則性之條文規定」為原則，提出 97 年及 104 年之編修計畫、(2)劣化評估標準應以實務可操作為原則進行修訂、(3)橋梁管理機關及交通部以正式之公文對規範無法執行提出解決方式、(4)各橋梁管理機關應自行訂定橋梁檢測手冊、(5)橋梁管理機關應提高檢測經費、(6)橋梁應分級檢測、(7)加強研發及推廣新型光學檢測技術、(8)應建立檢測人員訓練及認證制度，以及(9)新規範頒布前及現行規範修訂頒布前，應由草案研擬單位試行，並召開研討會或公聽會。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
107 年 9 月	206	非賣品	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級：			
<input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 (解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密)			
<input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS  
INSTITUTE OF TRANSPORTATION  
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Exploring the development of bridge inspection methodologies in Taiwan			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 107-081-1410	PROJECT NUMBER 105-PEB018
DIVISION: Transportation Planning Division DIVISION DIRECTOR: Shun-Yuan, Chang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng-Wei Su PROJECT STAFF: Shuen-Yuan Chang, Yu-Wen Yang, Ming-Yi Jiang, Jyun-Hao Huang PHONE: 886-2-23496805 FAX: 886-2-87912198			PROJECT PERIOD FROM June 2016 TO December 2016
RESEARCH AGENCY: National Central University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Nie-Jia Yau PROJECT STAFF: Chung-Yue Wang, Ming-Cheng Chen, Hsien-Ke Liao, Chii-Jang Yeh, Wen-Ko Hsu, Yi-Yiung Jen, Hsin-Yi Wei ADDRESS: No. 300, Zhongda Rd., Zhongli District, Taoyuan City 32001, Taiwan (R.O.C.) PHONE: 886-3-4227151 ext. 34034			
KEY WORDS: Bridge Inspection Manual, Visual Inspection, ABCDN Methodology, DER&U Methodology			
ABSTRACT: <p>Bridge management and maintenance are crucial tasks to sustain the serviceability and safety of bridges, since they are deteriorated with time or by external forces. In Taiwan, the first version of "Maintenance Manual of Highways" was announced in 1987 when many freeways and highways were built. However, DER&amp;U and ABCDN were the two bridge visual inspection methodologies incorporated around that time. The second version of the maintenance manual was published in 2003 in which visual inspection of bridge was regulated for at least once per two years using the DER&amp;U methodology, except for bridges less than five years old. Currently, official bridge inspection manuals include the "Manual for Enhancement and Inspection of Highway Steel Bridges (2008)," "Manual for Enhancement and Inspection for Railway Steel Bridges (2010)," "Manual for Highway Maintenance (2012)," and "Manual for Enhancement and Inspection of Highway Concrete Bridges (2015)." However, evaluation of deterioration in the DER&amp;U methodology has been changed significantly in these manuals due to the tendency of incorporating the ABCDN methodology into it. Consequently, such inspection codes become more complicated and impose pressures onto the inspectors who tend to be conservative when performing the inspection.</p> <p>This project reviewed domestic and international bridge inspection manuals to summarize inspection methodologies, and also interviewed 34 bridge inspectors from 20 bridge management agencies. An experts meeting were conducted to collect opinions and suggestions. Three bridges were inspected based on the traditional DER&amp;U methodology, 2015 version of the inspection code, and codes from Japanese highways agencies. The conclusions were: (1) traditional DER&amp;U methodology is more suitable for inspecting bridges in Taiwan, (2) the inspection methodology combined with DER&amp;U and ABCDN is difficult to be performed under current budgets, and (3) conservative evaluation standards of the combined methodology cannot distinguish severity levels of deterioration. Finally, nine suggestions were proposed: (1) The Taiwan Area National Freeway Bureau should modify the manuals of years 2008 and 2015 based on the guidance provided by the MOTC, that "the bridge inspection manuals should only provide guidelines or principles", (2) evaluation of deteriorations should be modified for practicality, (3) both bridge management agencies and the MOTC should work together to resolve the difficulties derived from current manuals, (4) bridge management agencies should formulate appropriate bridge inspection manuals, (5) bridge management agencies should increase bridge inspection budgets, (6) bridges should be classified into various categories, (7) new types of optical inspection technologies should be introduced and promoted, (8) bridge inspectors should be trained and certified, and (9) before a manual's promulgation, field tests and public hearings should be conducted by the agency which modifies the manual.</p>			
DATE OF PUBLICATION September 2018	NUMBER OF PAGES 206	PRICE Not for Sale	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目錄

目錄 .....	III
圖目錄 .....	VI
表目錄 .....	VIII
第一章 緒論 .....	1
1.1 計畫背景 .....	1
1.2 本計畫工作項目 .....	3
1.3 研究範圍與對象 .....	3
第二章 國內外橋梁檢測制度 .....	5
2.1 橋梁管理之發展 .....	5
2.1.1 美國橋梁管理發展過程 .....	5
2.1.2 我國橋梁管理發展過程 .....	8
2.2 橋梁目視檢測評估準則 .....	13
2.2.1 美國橋梁檢測評估準則 .....	13
2.2.2 日本橋梁檢測評估準則 .....	16
2.2.3 中國大陸橋梁檢測評估準則 .....	30
2.2.4 我國橋梁檢測評估準則 .....	33
2.2.5 英國橋梁檢測評估準則 .....	34
2.2.6 南非橋梁檢測評估準則 .....	37
2.2.7 丹麥橋梁檢測評估準則 .....	39
2.2.8 瑞典橋梁檢測評估準則 .....	40
2.2.9 芬蘭橋梁檢測評估準則 .....	42
2.2.10 德國橋梁檢測評估準則 .....	43
2.2.11 挪威橋梁檢測評估準則 .....	46
2.2.12 法國橋梁檢測評估準則 .....	47
2.3 小結 .....	48
第三章 我國橋梁相關檢測規範發展趨勢 .....	51
3.1 橋梁檢測維修訓練班講義(民國 84 年).....	51
3.2 公路橋梁一般目視檢測手冊(民國 85 年).....	51
3.3 混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊(民國 85 年).....	51
3.4 混凝土橋梁檢測手冊(民國 86 年).....	53
3.5 1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範(民國 86 年).....	53
3.6 橋梁維修手冊、橋梁維修材料說明書(民國 88 年).....	54
3.7 橋梁檢查及評估手冊(民國 88 年).....	55
3.8 公路養護手冊(民國 92 年).....	55
3.9 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範(民國 97 年).....	57

3.10	鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範(民國 99 年).....	62
3.11	橋梁目視檢測評估手冊草案(民國 100 年).....	62
3.12	公路養護規範(民國 101 年).....	63
3.13	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範(民國 104 年).....	64
3.14	DER&U 與 ABCDN 法比較 .....	71
3.15	評估標準比較 .....	73
3.16	鐵路橋梁檢測 .....	81
3.17	小結 .....	81
第四章	橋梁管理單位專家訪談 .....	83
4.1	訪談問題與對象確立 .....	83
4.2	各單位訪談意見彙整 .....	85
4.2.1	高公局主要意見彙整 .....	85
4.2.2	公路總局主要意見彙整 .....	87
4.2.3	鐵路局主要意見彙整 .....	88
4.2.4	縣市政府主要意見彙整 .....	90
4.2.5	檢測廠商及外部稽核單位主要意見彙整 .....	92
4.2.6	交通部及專家學者主要意見彙整 .....	95
4.3	小結 .....	98
第五章	實地橋梁檢測及評估 .....	101
5.1	實地測試橋梁及分組 .....	101
5.2	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範操作流程 .....	102
5.3	實地測試成果 .....	106
5.4	小結 .....	111
第六章	橋梁檢測規範評估內容修訂建議 .....	113
6.1	規範主文差異需修訂處 .....	113
6.2	規範解說差異需修訂處 .....	115
6.3	規範其他差異需修訂處 .....	118
6.4	規範檢測判定標準建議修訂處 .....	119
6.5	小結 .....	122
第七章	專家座談會及未來橋梁檢測方式之具體建議 .....	123
7.1	專家座談會 .....	123
7.2	會議紀錄與結論 .....	125
7.3	國內橋梁檢測方式之具體建議及程序 .....	134
7.3.1	短期建議 .....	134
7.3.2	中期建議 .....	135
7.4	小結 .....	136
第八章	結論與建議 .....	137
8.1	結論 .....	137

8.2 建議 .....	138
參考文獻 .....	141
附錄一 期中審查委員會意見及回覆 .....	145
附錄二 期末簡報資料 .....	151
附錄三 期末審查委員會意見及回覆 .....	179

## 圖目錄

圖 1.1 我國正常使用橋梁數量分布圖(民國 105 年 8 月).....	1
圖 1.2 我國橋梁結構型式分布圖(民國 105 年 8 月).....	1
圖 1.3 我國橋梁竣工年分布圖(民國 105 年 8 月).....	2
圖 1.4 我國橋梁橋齡分布圖(民國 105 年 8 月).....	2
圖 1.5 研究流程圖 .....	4
圖 2.1 銀橋斷裂事件(1967 年).....	5
圖 2.2 Eye-bar 示意圖 .....	5
圖 2.3 Mianus River Bridge 斷裂事件(1983 年).....	6
圖 2.4 Schoharie Creek Bridge 斷裂事件(1987 年) .....	7
圖 2.5 密西西比河大橋斷裂事件(2007 年).....	7
圖 2.6 中興大橋斷裂(1986 年).....	8
圖 2.7 名竹大橋斷裂(1999 年).....	9
圖 2.8 高屏大橋基礎裸露(1999 年).....	10
圖 2.9 高屏大橋斷橋(2000 年).....	10
圖 2.10 后豐大橋斷裂(2008 年).....	11
圖 2.11 六龜大橋斷裂(2009 年).....	12
圖 2.12 中正大橋上之監測預警系統(2010 年).....	12
圖 2.13 日本橋梁建設年度分布圖 .....	17
圖 2.14 山添橋的主梁產生裂縫的狀況 .....	17
圖 2.15 木曾川大橋的斜撐構件斷裂狀況 .....	17
圖 2.16 地震造成橋梁災害的案例 .....	18
圖 2.17 北海道芽室町上美生橋因洪水影響崩塌的情形 .....	18
圖 2.18 定期檢驗流程 .....	21
圖 2.19 對策區分判定的基本流程 .....	24
圖 2.20 檢驗與對策的流程圖 .....	27
圖 3.1 C3.3.11 壁式橋墩裂縫示意圖 .....	69
圖 3.2 C3.3.12 懸臂式單柱橋墩裂縫示意圖.....	70
圖 3.3 C3.3.13 構架式橋墩裂縫示意圖.....	71
圖 5.1 近端橋台發現裂縫 .....	102
圖 5.2 以裂縫尺量測裂縫寬度 .....	102
圖 5.3 橋台立面及側視圖 .....	104
圖 5.4 維修工法分類 .....	105
圖 5.5 檢測作業開始時間(左)及檢測完畢時間(右).....	107
圖 5.6 舊路村十一鄰橋檢測過程 .....	107
圖 5.7 田溪一號橋檢測過程 .....	108

圖 5.8 老街溪橋(南下) 檢測過程 .....	108
圖 5.9 舊路村十一鄰橋 A1 橋台 .....	109
圖 5.10 舊路村十一鄰橋 A1 橋台裂縫寬度量測.....	120
圖 6.1 Aspen A-52 橋檢車吊籃活動範圍 .....	120
圖 6.2 橋檢車無法檢測區域 .....	120
圖 6.3 裂縫寬度模擬(因列印設備不同可能會有誤差).....	122
圖 7.1 專家會議會議報告 .....	124
圖 7.2 專家會議討論狀況 .....	124

## 表目錄

表 2.1 美國聯邦公路總署構件評分標準 .....	14
表 2.2 美國聯邦公路總署河道評分標準 .....	14
表 2.3 美國聯邦公路總署箱涵評分標準 .....	15
表 2.4 美國州公路及運輸協會元件評分標準 .....	15
表 2.5 橋梁檢測相關人員的資格條件 .....	16
表 2.6 健全性診斷的判定區分及處理措施 .....	19
表 2.7 各種劣化對應的處理措施 .....	19
表 2.8 檢驗構件項目 .....	22
表 2.9 損傷狀況的評估項目 .....	23
表 2.10 檢驗小組的編制人員參考 .....	25
表 2.11 檢驗種類概要 .....	26
表 2.12 個別劣化相對的判定區分 .....	28
表 2.13 個別劣化相對的判定區分 .....	28
表 2.14 健全度評估(劣化等級) .....	29
表 2.15 健全度評估與健全性診斷的對照表 .....	29
表 2.16 個別判定與健全性診斷的對照表 .....	30
表 2.17 中國橋梁技術狀況評定等級 .....	31
表 2.18 橋梁主要部件技術狀況評定等級 .....	31
表 2.19 橋梁次要部件技術狀況評定等級 .....	31
表 2.20 簡支梁(版)橋、剛架橋裂縫 .....	32
表 2.21 連續梁橋、連續剛構橋、懸臂梁橋和 T 型剛構橋裂縫 .....	32
表 2.22 DER&U 目視檢測法檢測項目 .....	33
表 2.23 DER&U 目視檢測法評估準則 .....	34
表 2.24 英國橋梁檢測種類 .....	35
表 2.25 檢測相關人員 .....	35
表 2.26 指標評分 .....	35
表 2.27 嚴重度-範圍指標矩陣 .....	36
表 2.28 構件狀態分數 .....	36
表 2.29 構件重要度 .....	36
表 2.30 構件狀態因子的定義 .....	37
表 2.31 BCI 橋梁狀態 .....	37
表 2.32 南非的橋梁檢測種類 .....	37
表 2.33 檢測相關人員 .....	38
表 2.34 DER 評分系統 .....	38
表 2.35 劣化評分 .....	38
表 2.36 丹麥橋梁檢測類型 .....	39

表 2.37 檢測人員標準 .....	39
表 2.38 檢測人員訓練資格 .....	40
表 2.39 檢測人員的經驗標準 .....	40
表 2.40 丹麥橋梁狀態評分系統 .....	40
表 2.41 瑞典的橋梁檢測類型 .....	41
表 2.42 SRA 的橋梁評估系統.....	41
表 2.43 芬蘭的橋梁檢測類型 .....	42
表 2.44 Finnish 構件狀態評分(C).....	42
表 2.45 Finnish 維修急迫性評分(U).....	43
表 2.46 Finnish 損傷嚴重性評分(D).....	43
表 2.47 德國的橋梁檢測體系 .....	43
表 2.48 結構損傷的評分標準 .....	44
表 2.49 交通安全的評分標準 .....	44
表 2.50 橋梁耐久性的評分標準 .....	45
表 2.51 構件的綜合評估 .....	45
表 2.52 挪威的檢測體系 .....	46
表 2.53 損傷程度的代碼 .....	46
表 2.54 損傷/缺陷的代碼 .....	47
表 2.55 法國橋梁檢測體系 .....	47
表 2.56 法國評分系統 .....	47
表 2.57 各個國家的檢測類型及檢測頻率比較 .....	48
表 2.58 各個國家的檢測類型及檢測人員比較 .....	48
表 3.1 橋梁結構物分類及檢查對象表 .....	52
表 3.2 檢查種類及檢查頻率表 .....	52
表 3.3 ABCDN 檢測法評估準則.....	52
表 3.4 鐵路橋梁檢查類別 .....	54
表 3.5 鐵路橋梁健全度判定標準表 .....	54
表 3.6 鐵路橋梁檢查類別 .....	55
表 3.7 公路橋梁檢測類別 .....	56
表 3.8 公路鋼結構橋梁檢測類別 .....	57
表 3.9 公路鋼結構橋梁定期檢測表(橋墩).....	58
表 3.10 公路鋼結構橋梁檢測狀況評估表 .....	59
表 3.11 鋼結構物劣化程度之評估.....	60
表 3.12 鋼結構物劣化現象對橋梁安全性及服務性與維修急迫性之評估 .....	61
表 3.13 鐵路鋼結構橋梁檢測類別 .....	62
表 3.14 鐵路橋 DER&U 目視檢測法檢測項目 .....	63
表 3.15 各類型特殊橋梁增加(替換)之檢測構件.....	63
表 3.16 公路橋梁檢測類別 .....	64

表 3.17 公路鋼筋混凝土結構橋梁檢測類別 .....	65
表 3.18 公路鋼筋混凝土結構橋梁定期檢測表(橋墩).....	65
表 3.19 公路鋼筋混凝土結構橋梁檢測狀況評估表 .....	66
表 3.20 混凝土結構物劣化程度之評估(裂縫).....	67
表 3.21 劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響程度及構件維修急迫性之評估(橋墩裂縫)..	67
表 3.22 鋼筋混凝土橋梁下部結構裂縫劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響度程度(橋墩)	68
表 3.23 DER&U 與 ABCDN 比較表 .....	72
表 3.24 我國橋梁相關檢測規範或手冊比較 .....	73
表 3.25 混凝土裂縫評估準則比較 .....	74
表 3.26 混凝土剝落評估準則比較 .....	75
表 3.27 混凝土空洞(蜂窩)評估準則比較.....	76
表 3.28 鋼筋、鋼腱或錨定部位外露、銹蝕評估準則比較 .....	77
表 3.29 混凝土表面劣化(滲水、白華)評估準則比較.....	78
表 3.30 混凝土橋墩裂縫對橋梁結構安全性與使用性之影響度程度評估準則比較 .....	80
表 4.1 主要訪談問題 .....	83
表 4.2 訪談專家列表 .....	84
表 4.3 高公局訪談意見彙整 .....	85
表 4.3 高公局訪談意見彙整(續).....	86
表 4.4 公路總局訪談意見彙整 .....	87
表 4.4 公路總局訪談意見彙整(續).....	87
表 4.5 鐵路局訪談意見彙整 .....	89
表 4.5 鐵路局訪談意見彙整(續).....	90
表 4.6 縣市政府訪談意見彙整 .....	91
表 4.6 縣市政府訪談意見彙整(續).....	92
表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整 .....	92
表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整(續 1).....	93
表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整(續 2).....	94
表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整(續 3).....	95
表 4.8 交通部及專家學者訪談意見彙整 .....	96
表 4.8 交通部及專家學者訪談意見彙整(續 1).....	96
表 4.8 交通部及專家學者訪談意見彙整(續 2).....	98
表 5.1 實地檢測橋梁清單 .....	101
表 5.2 實地檢測分組及使用之規範 .....	101
表 5.3 鋼筋混凝土結構物劣化程度評估表(部份).....	103
表 5.4 橋梁構造物檢測評定準則 .....	103
表 5.5 一般性橋梁定期檢測表(部份).....	103
表 5.6 一般性橋梁定期檢測表(部份)-含綜合判定 .....	103
表 5.7 一般性橋梁檢測狀況評估表(部份).....	104

表 5.8 劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響程度及構件維修急迫性之評估(部份).....	104
表 5.9 鋼筋混凝土橋梁下部結構裂縫劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響度程度(部份)	105
表 5.10 一般性橋梁檢測狀況評估表(部份)-含 R 及 U 值.....	105
表 5.11 一般性橋梁檢測狀況評估表(部份)-建議維修工法.....	106
表 5.12 檢測照片及說明 .....	106
表 5.13 各組檢測花費時間 .....	108
表 5.14 各組檢測方法比較 .....	110
表 6.1 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範主文差異 .....	113
表 6.1 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範主文差異(續).....	114
表 6.2 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範解說差異 .....	115
表 6.2 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範解說差異(續 1).....	116
表 6.2 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範解說差異(續 2).....	117
表 6.3 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範其他差異 .....	118
表 6.3 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範其他差異(續).....	119
表 6.4 「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」劣化判定建議修訂處 .....	121
表 6.4 「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」劣化判定建議修訂處(續).....	122
表 7.1 與會專家學者名單 .....	123
表 7.2 專家座談會會議紀錄 .....	125
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 1).....	126
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 2).....	127
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 3).....	128
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 4).....	129
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 5).....	130
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 6).....	131
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 7).....	132
表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 8).....	133



# 第一章 緒論

## 1.1 計畫背景

我國多山多谷，河川及溪流遍佈，陸路運輸必須仰賴橋梁連結，橋梁成為非常重要的交通設施。我國橋梁分屬公路總局、高公局、鐵路局、觀光局、營建署及各縣市政府負責管理。依據本所「臺灣地區橋梁管理資訊系統」105年8月之資料統計，我國共有「正常使用」橋梁共27,434座(含箱涵，不含人行天橋)，其中公路總局2,974座，為部屬機關所轄橋數最多者，其次為高公局2,364座，而鐵路局為1,693座，各縣市政府及其他機關(內政部及觀光局等)所轄橋數共計20,403座，圖1.1為我國主要橋梁管理機關所轄橋梁數量分布圓餅圖。

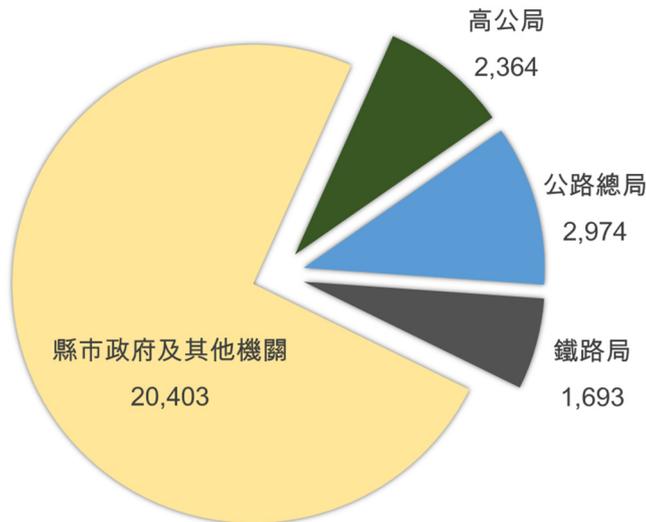


圖 1.1 我國正常使用橋梁數量分布圖(民國 105 年 8 月)

按照橋梁結構型式分類，臺灣有將近一半之橋梁為梁式橋，佔49.3%，其次為版橋，佔28.3%，箱涵佔12.6%，箱型橋(大梁為箱型梁)佔7.0%，其餘類型橋梁所佔比例相對少很多，詳見圖1.2所示。

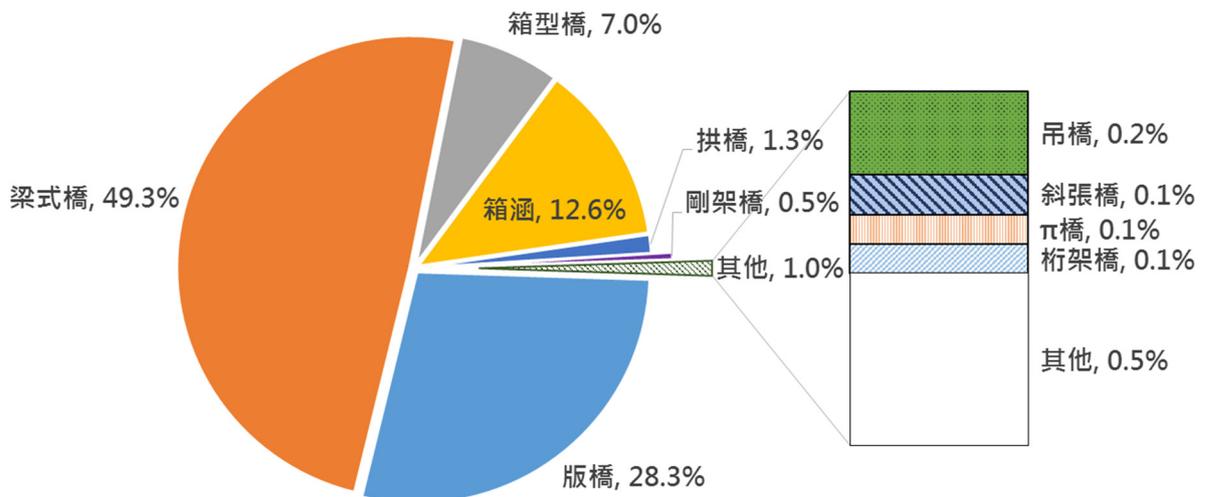


圖 1.2 我國橋梁結構型式分布圖(民國 105 年 8 月)

從竣工年份來看，我國自1965年經濟起飛後，伴隨著十大建設，道路、機

場、港灣等交通建設於雨後春筍般展開，由圖 1.3 可看出竣工橋數自民國 60 年開始大幅增加，民國 80~90 年間達到高峰，有將近 6 千座橋於這十年間竣工，全臺灣有超過 60% 的橋梁是在民國 60~100 年間完成的，這也反映出我國大部分的橋梁將邁入老舊橋梁之階段。橋梁會隨著時間逐漸老化或因外力而損壞，由圖 1.4 可看出，目前橋齡在 30 年以上之橋梁佔了 30%，再過十年會再有 30% 之橋梁之橋齡達 30 年以上，為維持橋梁的服務功能與結構安全性，老舊橋梁之管理及維護是不可避免之重要議題。

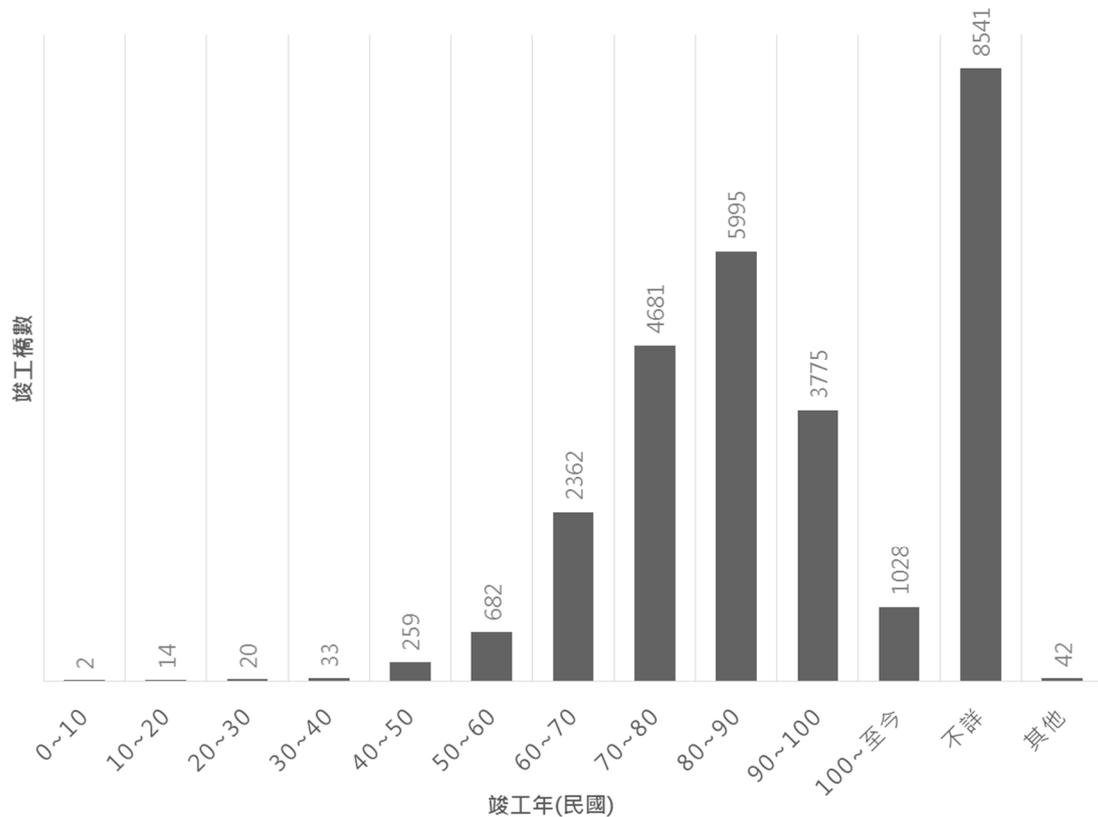


圖 1.3 我國橋梁竣工年分布圖(民國 105 年 8 月)

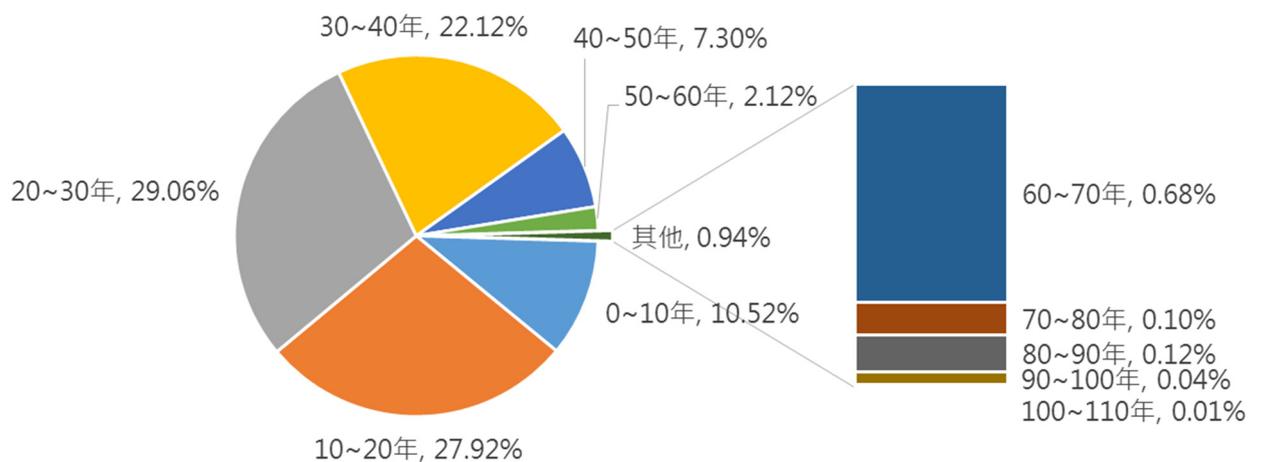


圖 1.4 我國橋梁橋齡分布圖(民國 105 年 8 月)

第一版之「公路養護手冊」於民國 76 年頒布，由於多條高速公路及快速公

路陸續修建完成，76 年版之手冊已不符實際需要，因而進行重新修訂。當時國內橋梁所使用之目視檢測主要分為 DER&U 及 ABCDN 兩種目視檢測法，第二版之「公路養護手冊」於 92 年 3 月正式頒布，規定新橋自完工後第五年開始要進行定期檢測，之後至少每兩年要檢測一次，同時將橋梁定期檢測方法明定為 DER&U 目視檢測法。

目前國內橋梁檢測相關標準規範包括：(1)「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97.12.30 頒布)；(2)「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(99.12.2 頒布)；(3)「公路養護規範」(101.3.3 日頒布)；(4)「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104 年 1 月頒布)，其中「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」針對 DER&U 評定方式則有重大的變革，檢視該規範似有「DER&U 導向 ABCDN 化」之趨勢，再者，該規範對於混凝土結構劣化程度判定，似過於複雜且不切實際，以 D 值為例，裂縫寬度達 0.3mm 即歸屬 D=4，此評估方式只會加深現場執行目視檢測人員判讀壓力，且在填列檢測表時，可能造成檢測結果過於保守之情形。

## 1.2 本計畫工作項目

本計畫主要研究內容與工作項目可分為以下幾項：

- 一、蒐集國內外橋梁檢測制度暨規範現況資料。
- 二、我國橋梁相關檢測規範發展趨勢比較與探討。
- 三、訪談各橋梁管理單位使用者及相關專家學者。
- 四、利用國外及國內檢測規範，進行實地橋梁檢測並完成評估。
- 五、研訂或修訂國內橋梁檢測評估內容及格式。
- 六、提出未來國內橋梁檢測方式之具體建議及程序。
- 七、辦理專家學者座談會，綜合研討與意見彙集。

## 1.3 研究流程

本研究首先蒐集國內外橋梁檢測制度暨規範現況資料，以及整理我國歷年頒布之橋梁相關檢測規範，同時進行橋梁管理單位及相關專家學者訪談，訪談對象包含交通部及所轄之公路總局、高公局及鐵路局，內政部營建署及各縣市政府，於期中審查後進行實地橋梁檢測及評估，之後舉行專家座談會，依據座談會結果提出國內橋梁檢測方式之具體建議及程序。圖 1.5 為本計畫之研究流程圖。

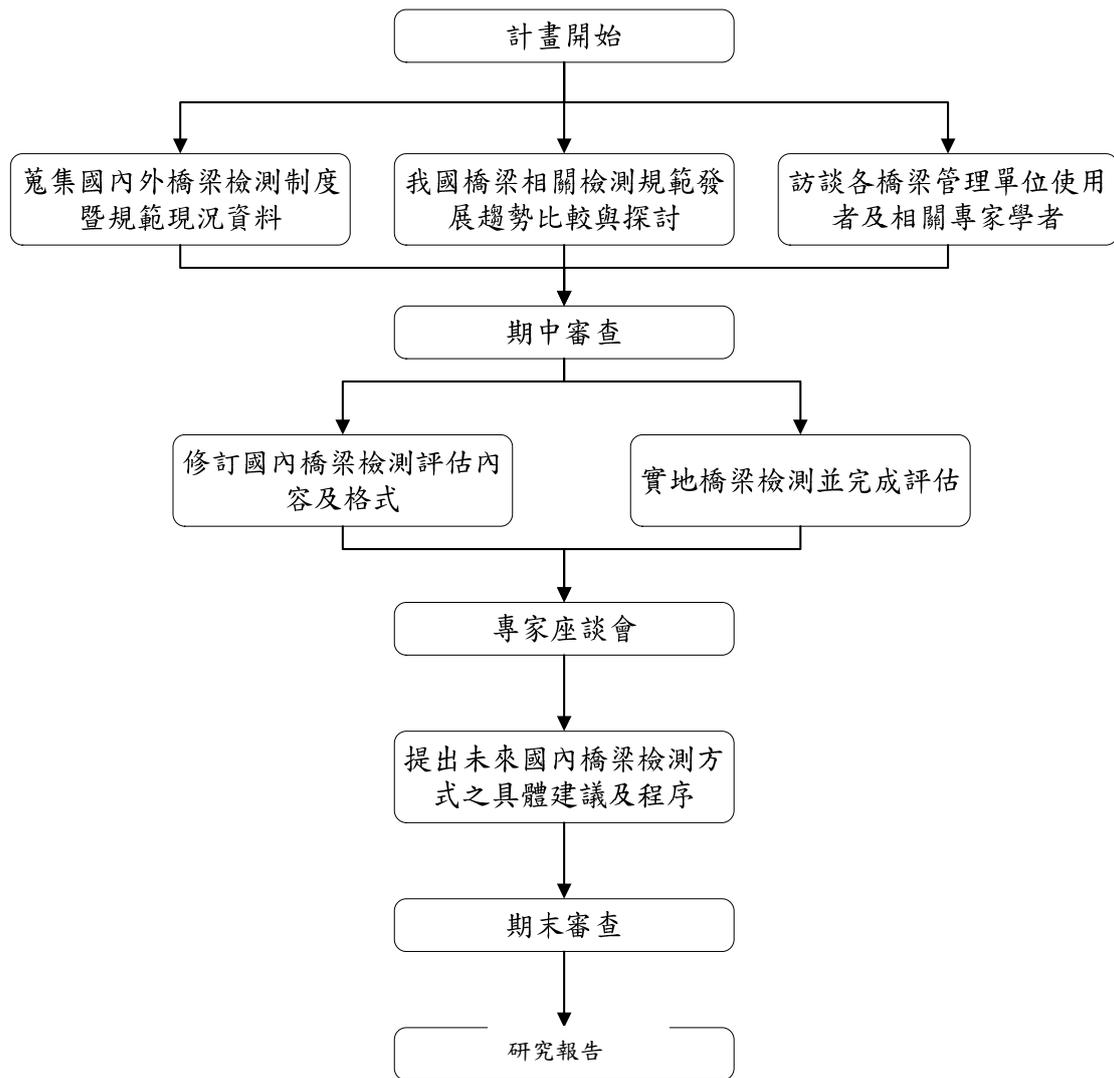


圖 1.5 研究流程圖

## 第二章 國內外橋梁檢測制度

### 2.1 橋梁管理之發展

#### 2.1.1 美國橋梁管理發展過程

1967年12月15日傍晚，橫跨俄亥俄河(Ohio River)的銀橋(Silver Bridge)突然斷裂，如圖 2.1 所示，共有三十一輛汽車墜入河中，造成四十六人死亡。銀橋於1928年完工，全長681.2公尺，最大跨距213.5公尺，為一座 Eye-bar(如圖 2.2 所示)纜鎖懸吊式鋼桁架橋，該橋自1951年開始全面檢測，同時針對部份缺失進行維修，並於1955、1961及1965年均有進行檢測，雖然檢測時發現的缺失並未全面修復，但檢測人員認為橋梁的結構是安全的，因此該橋1967年的斷裂促使美國聯邦政府開始重視橋梁檢測作業及老舊橋梁維護工作，橋梁檢測變得更加規律及詳細。



圖 2.1 銀橋斷裂事件(1967年)

資料來源：<http://www.mywvhome.com/twenties/depot.htm>



圖 2.2 Eye-bar 示意圖

1968年，美國國會通過聯邦公路法案(Federal-Aid Highway Act of 1968)，要求運輸部門建立全國性橋梁檢測標準，委由美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)建立「全國橋梁檢測標準(National Bridge Inspection Standards, NBIS)」，同時也要求 FHWA 著手進行檢測人員訓練計畫。FHWA 於

1971 年發行最終版本的 NBIS，所有由聯邦補助之高速公路(Federal-aid highway)上的橋梁均要依 NBIS 要建立基本資料並進行橋況評定，1978 年頒布的地表交通補助法案(Surface Transportation Assistance Act of 1978)，提供全國長度在 20 英尺以上之橋梁維修及補強之經費，不限於聯邦補助之高速公路橋梁，但要接受補助之橋梁必須依照 NBIS 建立基本資料並進行檢測，自此 NBIS 便擴大適用到全美之國有橋梁。NBIS 中幾項要點：(1)所有跨距大於 20 英尺之橋梁至少每兩年要進行一次橋梁檢測、(2)所有資料需依照 FHWA 之標準格式建立並回報給 FHWA、(3)定義檢測人員資格、(4)建立檢測人員訓練計畫、(5)建立橋梁重建補助計畫並提供資金給計畫內橋梁。

1983 年 6 月 28 日，I-95 公路上的 Mianus River Bridge 其中一跨斷裂造成三人死亡，如圖 2.3 所示，促使 FHWA 於檢測要點及人員訓練手冊中增加 Fracture Critical Bridge Members 檢測之要點。



圖 2.3 Mianus River Bridge 斷裂事件(1983 年)

資料來源：Bob Child

1987 年，I-90 公路上的 Schoharie Creek Bridge 因多次洪水沖刷造成橋墩基礎掏空，終於在 1987 年的一次暴風雨中，位於河道中央的橋墩因掏刷而傾斜，造成該橋兩個橋跨斷裂，如圖 2.4 所示，該事件奪去十人性命，自此有沖刷危險之橋梁受到重視，因而規定水下檢測(Underwater Inspection)至少 60 個月需進行一次。FHWA 於 1988 年出版「橋梁沖刷(Scour at Bridges)」一書，提供發展及應用橋梁沖刷評估之指導。

1991 年美國國會頒布「綜合陸路運輸效益法案(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991)」，要求全美各州須在 1998 年 10 月前完成橋梁管理系統(Bridge Management System, BMS)之開發並能正常運作，如此才能獲得聯邦政府之資金。自此各州開始積極規劃並開發橋梁管理系統，由於美國採聯邦制，各州有其獨立之道路橋梁管理體制，因此在橋梁管理系統之發展，各州係以聯邦政府之橋梁管理規範為基礎，配合各州之作業程序與管理需求，開發符合自身需求之系統，但其橋梁基本資料要能滿足 FHWA 所建立之「全國橋梁清冊

(National Bridge Inventory, NBI)」資料庫的格式及欄位。



圖 2.4 Schoharie Creek Bridge 斷裂事件(1987 年)

資料來源：USGS

2007 年 8 月 1 號下午 6 點，橫跨密西西比河(Mississippi River)的 I-35W 密西西比河大橋(Mississippi River bridge)突然坍塌，因正值下班的交通尖峰時段，有一百一十一輛車墜落，造成十三人死亡，一百四十五人受傷的慘劇。I-35W 密西西比河大橋全長 581.3 公尺(1,907 英呎)，為一鋼桁架橋，於 1967 年完工通車，屬重要交通幹道，共有八個車道，每日交通量約為 144,000 輛車，事發當時由於橋梁的摩擦層正在翻修，橋面上堆積著施工用材料及機具，加上尖峰時刻的車輛，當初設計時並未考量到如此大的載重，導致節點處鋼版設計厚度不足而挫曲，橋梁因而倒塌。美國公路及運輸員司協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)於 2008 年發行第一版橋梁評估手冊(The Manual for Bridge Evaluation, MBE)，幫助橋管理機關建立橋梁檢測程序並符合 NBIS 之規定，該手冊於 2011 年發行第二版，除了允許使用橋梁的設計載重(Design load)去指派橋梁的載重等級(Load rating)，大部分均與第一版相同。



圖 2.5 密西西比河大橋斷裂事件(2007 年)

資料來源：Mike Wills

### 2.1.2 我國橋梁管理發展過程

民國 75 年 11 月 30 日，連接臺北市區與三重的中興大橋(舊橋)因橋墩下陷，第三至五跨突然塌陷，如圖 2.6 所示，六名機車騎士掉落河中，造成一人重傷五人輕傷，電話線及水管斷裂，嚴重影響交通及民生需求，行政院因而指示經濟建設委員會就我國橋梁安全問題進行檢討，經建會於民國 77 年委國臺灣大學進行「我國橋梁安全之初步研究」，研究中提出建立重要橋梁設計審查制度、建立橋梁檢測制度、建立橋梁管理系統、進行全國橋梁普查、提升橋梁施工技術水準、建立工程品管體系等重要建議。



圖 2.6 中興大橋斷裂(1986 年)

資料來源：<http://www.nownews.com/n/2008/09/15/969361>

民國 84 年，行政院責成交通部積極進行各項橋梁安全維護作業，交通部據此提報「橋梁安全維護工作計畫」，擬定橋梁維護與管理之短、中、長期做法，長期工作項目包括建立橋梁管理系統、定期進行橋梁普查、檢討修訂橋梁作業規範、持續研發推廣橋梁工程之新工法、新材料及檢測補強技術等。同年，由國立中央大學橋梁工程研究中心主辦，公共工程督導會報(現為行政院公共工程委員會)、交通部科技顧問室、臺灣省公路局(現為交通部公路總局，以下簡稱公路總局)、國道高速公路局(以下簡稱高公局)、臺灣省住宅及都市發展局(現為內政部營建署城鄉發展分署，以下簡稱住都局)、臺灣鐵路管理局(以下簡稱鐵路局)及昭凌工程顧問公司協辦，開辦第一期橋梁檢測維修訓練班，內容包含橋梁目視檢測、非破壞性檢測、橋梁養護維修要領等，並有現地檢測實習課程，橋梁檢測作業開始受到重視。

自民國 84 年後高公局、公路總局、鐵路局、住都局、基隆港務局、臺北市政府、臺北縣政府、臺中縣政府、臺南市政府等單位均配合交通部之橋梁管理政策，自行委託學術單位或顧問公司開發所屬之橋梁管理系統。臺北市政府養工處於民國 84 年開始發展「臺北市橋涵維護管理系統」，為最早開始發展之系統；基隆港務局轄下之西岸高架道路橋梁，為國內最早興建的高架公路橋梁，主要供港區貨櫃運輸，總長約三公里。由於重車超載情形嚴重，且瀕臨海邊，故老化破損情形嚴重，為達成西岸高架橋之檢測及維修之目的，基隆港務局於民國 84 年開始開發「西岸高架橋橋梁管理系統」，並於民國 87 年 6 月改版完成；公路總局之

橋梁管理系統於民國 87 年由國立中央大學規劃開發完成，為當時功能最為完整且實用之橋梁管理系統；高公局之「國道高速公路局橋梁養護管理系統」，同樣於民國 87 年由昭凌工程顧問公司開發完成；鐵路局之「鐵路橋梁管理系統」則於民國 88 年由中華顧問工程司開發完成。

由於各橋梁主管機關所開發之系統均各自獨立，資料庫格式、橋梁基本資料欄位、檢測方式及表格各異（檢測方式主要分為 DER&U 及 ABCDN 兩種目視檢測法），各系統間要做到橫向資料整合相當困難，中央主管機關，即交通部，難以掌握全國橋梁現況，為能進行整體性之橋梁管理、預算分配、緊急災害搶救等，於民國 88 年 3 月經中央橋梁技術諮詢委員會第一次會議之決議，確認進行開發全國性之橋梁管理系統，並進行全國橋梁基本資料普查作業。民國 88 年 9 月 21 日凌晨一點，我國發生芮氏地震規模 7.3 之強震，震央位於南投縣集集(北緯 23.87 度、東經 120.75 度)，因此稱為 921 大地震或集集大地震。921 大地震震源深度僅 6.99 公里，為車籠埔斷層錯動所引發之內陸淺層地震，在震央附近的南投縣及臺中縣市造成極大之災害，共有二十六座橋梁斷裂或嚴重損壞，圖 2.7 之名竹大橋為其中一座嚴重受損的橋梁。由於各級橋梁管理機關之橋梁管理系統各自獨立，交通部難以透過系統迅速掌握災區橋梁狀況、是否有因聯外橋梁中段而造成孤島之鄉鎮，以及搜尋救災之替代路徑，921 大地震更加突顯全國性橋梁管理系統之必要性。同年 11 月，本所與國立中央大學橋梁工程研究中心，共同合作進行「臺灣地區橋梁管理資訊系統」(Taiwan Bridge Management System, TBMS) 之開發，作為全國各單位統一使用之橋梁管理系統。於此同時，全國橋梁普查作業也積極展開，並限期於 89 年底前完成普。民國 89 年底，「臺灣地區橋梁管理資訊系統」正式上線使用，全國橋梁普查作業之成果包含第一次目視檢測資料均輸入系統之中。



圖 2.7 名竹大橋斷裂(1999 年)

資料來源：中央大學橋梁中心

民國 89 年 8 月 27 日，受碧利斯颱風及其後降雨影響，高屏大橋 P22 橋墩因沖刷而傾倒，造成橋面塌陷 100 公尺，22 人輕重傷，該橋由於河床不斷下降，造成橋墩基礎裸露，圖 2.8 為斷橋前一年橋墩基礎裸露情形。斷橋事件發生前，橋梁管

理機關已於 P25~P37 處施作完成固床工，因此河川水流改道，集中在原本位於高灘地之 P22 橋墩處，颱風所帶來之豪雨及集中之水流為導致橋墩破壞之原因，圖 2.9 為斷橋後之照片。



圖 2.8 高屏大橋基礎裸露(1999 年)

資料來源：中央大學橋梁中心



圖 2.9 高屏大橋斷橋(2000 年)

資料來源：中央大學橋梁中心

交通部於民國 90 年責成公路總局進行「公路養護手冊」之修訂，前一版之養護手冊是在民國 76 年頒布，由於多條高速公路及快速公路陸續修建完成，76 年版之手冊已不符實際需要，因而進行重新修訂，修訂過後之「公路養護手冊」於 92 年 3 月正式頒布，規定新橋自完工後第五年開始要進行定期檢測，之後至少每兩年要檢測一次，檢測方法為 DER&U 目視檢測法，檢測結果需輸入「臺灣地區橋梁管理資訊系統」，自此開始，我國有全國統一之檢測方法及檢測頻率。為使各及橋梁管理機關能積極將橋梁基本資料及檢測結果輸入「臺灣地區橋梁管理資訊系統」，本所於民國 93 年開始舉行橋梁管理維護評鑑，評鑑內容包含兩大類，一為橋梁管理系統使用情形，另一為橋梁維護管理作業，透過每年調整評鑑項目配分或增加評比項目，逐步引導橋梁管理機關建立完整橋梁基本資料、定期進行橋梁檢測及維修。

民國 97 年 9 月 14 日中秋夜，辛樂克颱風挾帶強風豪雨侵襲臺灣，連接臺中豐原及后里之后豐大橋北上橋面斷裂，第三橋墩因大甲溪溪水猛烈沖刷橋基而傾倒，橋面上正在行駛中的三部車掉入暴漲的河水中，造成六人死亡之慘劇，如圖 2.10 所示。



圖 2.10 后豐大橋斷裂(2008 年)

資料來源：中央大學營建管理研究所

民國 98 年 8 月 6 至 10 日，莫拉克颱風在臺灣造成近 50 年來最嚴重的水災，多處淹水、山崩及土石流，共造成六百八十一人死亡、十八人失蹤，共造成一百二十九座橋梁全毀或嚴重損壞，圖 2.11 之六龜大橋為其中一座嚴重受損的橋梁。風災後跨河橋梁之安全受到高度重視，許多橋梁管理機關開始針對轄下眾要跨河橋梁，每年或每兩年進行一次河床斷面高程測量。



圖 2.11 六龜大橋斷裂(2009 年)

資料來源：中央大學營建管理研究所

民國 99 年，新竹縣警察之友會宣明智理事長號召科學園區同業公會募集約二千萬元之經費，委託國立中央大學橋梁工程研究中心，在連接新竹縣及新竹市之中正大橋、溪州大橋、竹林大橋、清泉大橋、新興大橋及南昌橋共六座危險跨河橋上設置橋梁監測預警系統，在此六橋改建前，透過即時監測維護來往人員行車安全，減少生命財產損失，圖 2.12 為中正大橋上之監測預警系統，該系統於民國 100 年 7 月 20 日正式捐贈移交給新竹縣政府與新竹市政府。



圖 2.12 中正大橋上之監測預警系統(2010 年)

資料來源：中央大學橋梁中心

交通部為因應莫拉克風災，於 99 年 8 月 2 日召開之「部頒規範公路養護手冊是否修正事宜會議」結論，部頒技術規範應為原則性、政策性或訓示性之技術規定，如屬實際操作面之詳細規定，應由各執行單位制定。交通部於 99 年 8 月 10 日函請公路總局，就原部頒技術規範「公路養護手冊」內容，提列原則性之技術性規定編訂「公路養護規範」，並於民國 101 年 2 月正式頒布。在橋梁檢測及維修補強作業方面，交通部責由高公局辦理相關規範之研擬，分別於民國 97 年 12 月頒布「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，民國 103 年 12 月頒布「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」。

## 2.2 橋梁目視檢測評估準則

### 2.2.1 美國橋梁檢測評估準則

美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)公布之「全國橋梁檢測標準(National Bridge Inspection Standards, NBIS)」規定，例行性之橋梁檢測(Routine Inspections)頻率為「不超過 24 個月一次」，而水下檢測(Underwater Inspections)之頻率為「不超過 60 個月一次」，同時，檢測所發現之構件劣化情形及檢測結果，均應記錄於標準檢測表，即「橋梁基本資料與評估表(Structure Inventory and Appraisal Sheet, SI&A)」，該表所需填列資料，包括橋梁身分(Identification)、結構型式及材料(Structure Type and Material)、橋齡及服務功能(Age and Service)、幾何資料(Geometric Data)、水文資料(Navigation)、橋梁等級(Classification)、橋梁現況(Condition)、橋梁載重與告示資料(Load Rating and Posting)、橋梁評估(Appraisal)、橋梁改善建議(Proposed Improvements)、及檢測建議(Inspection)等計 11 項，其中除橋梁現況為橋梁構件之檢測評等資料外，多為橋梁之基本資料，故該表基本上並非檢測表，而是各州應向美國聯邦公路總署報告之各橋梁基本資料與整體評量。各州得自行發展符合本身需求之統一橋梁檢測表，惟檢測結果資料應能轉換至「橋梁基本資料與評估表」中。

美國聯邦公路總署之「橋梁檢測參考手冊」(Bridge Inspector's Reference Manual, BIRM)中提到，橋梁目視檢測評估法是將現有橋梁的構件與其剛完工時的狀態做比較以進行評分，可以針對被評估的構件提出適當的數值來顯示該構件的整體狀況，但在評估嚴重毀損或是年久失修的橋梁構件時，就要考慮其適用性。此外，橋梁的載重能力並不會列入評分，暫時支撐用的構件也不會被列入評分，僅就橋梁原構件之狀況來進行正常的評分。

BIRM 中將橋梁檢測評估構件(Evaluating Components)分為三項：(1)橋面板(Deck)、(2)上部結構(Superstructure)及(3)下部結構(Substructure)；除此之外，若為跨河橋，需再針對河道及保護設施(Channel and Channel Protection)進行評估；若為箱涵，則針對箱涵(Culverts)本身進行評估。檢測人員依據該構件對於橋梁安全的影響程度，考慮其嚴重性，給予構件不同之評分(Rating)，共分 9 級，用以決定是否應對該構件進行維修。例如影響橋梁結構安全性之構件若有劣化現象，對橋梁之結構安全將有嚴重影響，因此評分時就會考慮該構件劣化對於橋梁之影響，進而評為需要維修的等級。表 2.1 是適用於橋面板、上部結構及下部結構之評分標準，表 2.2 為河道之評分標準，表 2.3 為箱涵之評分標準。

由於檢測評估構件的評分無法提供詳盡的橋梁狀況，不足以提供成效性維護決策支援分析之用，因此需要對橋梁元件(Element)的評分系統。2011 年美國州公路及運輸協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)發行第一版的「橋梁元件檢測手冊 (Guide Manual for Bridge Element Inspection)」，將橋梁元件分為「National Bridge Element」及「Bridge Management Element」。「National Bridge Element」包含：(1)大梁、(2)桁架、(3)橋拱、(4)鋼纜、(5)版梁、(6)縱梁、(7)橋台、(8)橋墩、(9)栓、(10)箱涵、(11)支承、(12)欄杆、(13)鋼床版、(14)橋面版、(15)節點板、(16)柱/樁以及(17)樁帽；「Bridge Management Element」包含：(1)伸縮縫、(2)進橋版、(3)摩擦層、(4)防護系統以及(5)缺陷標誌。

在進行元件評分時，檢測員要觀察的是「該元件是否如原本之設計正常發揮功能？」，所有的元件皆根據這個概念進行檢測評分。元件評分方式，除對各個

細項元件給予評估外，還須對整體元件綜合評估。元件評估準則，係將元件劣化情形分為4級：好(Good)、普通(Fair)、差(Poor)及極差(Critical)，評分標準如表2.4所示。

表 2.1 美國聯邦公路總署構件評分標準

分數	狀況
N	不適用或無法評等 (Not Applicable)
9	非常好 (Excellent)
8	很好 (Very good)
7	好 (Good)
6	符合需求(Satisfactory)
5	尚可 (Fair)
4	差 (Poor)
3	嚴重(Serious)
2	危急 (Critical)
1	幾近毀損 (Imminent failure)
0	完全毀損 (Failed)

表 2.2 美國聯邦公路總署河道評分標準

分數	狀況
N	不適用或無法評等
9	無明顯之缺陷
8	河岸受到保護；河道不需保護工或河流狀況穩定
7	河岸保護工需要小規模維修；河道保護工有微小缺陷
6	河岸開始塌陷；河道保護工之微小缺陷範圍擴大；棄土使河道輕微阻塞
5	河岸保護工受沖刷；河道保護工有較大的缺陷；樹木使河道輕微阻塞
4	河岸保護工嚴重破壞；河道保護工有嚴重缺陷；大量棄土阻塞河道
3	河岸保護工完全破壞；河道保護工毀壞；河道嚴重淤積或改道，對橋梁引道造成威脅
2	河道改變使橋梁面臨坍塌
1	橋梁封閉，但處置後可恢復部分通行
0	橋梁封閉，待改建。

表 2.3 美國聯邦公路總署箱涵評分標準

分數	狀況
N	非箱涵
9	無缺陷
8	無明顯缺陷
7	有缺陷但鋼筋並未外露；輕微的錯位；附近有輕微的沖刷
6	發生劣化、裂縫有滲漏現象；結構物處有局部輕微沖刷
5	中度劣化、大規模的裂縫及滲漏；輕微沉陷或錯位；明顯的沖刷或侵蝕
4	裂化現象嚴重；嚴重沉陷或錯位；嚴重沖刷沖刷或侵蝕
3	同 4 的劣化現象，但規模更大
2	翼牆坍塌；路面嚴重下陷；箱涵破壞
1	橋梁封閉，但處置後可恢復部分通行
0	橋梁封閉，待改建。

表 2.4 美國州公路及運輸協會元件評分標準

判定等級	判定分數	狀況
良好(Good)	1	不需要進行維修。
尚可(Fair)	2	須要進行微調或些許修補，構件仍正常發揮功能。
差(Poor)	3	構件需要進行維修以回復原本設計之功能。
極差(Critical)	4	該構件已經毀損，無法發揮其功能。

BIRM 中有關混凝土裂縫尺寸的評估，是依據 The National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)之專案 12-82 中的準則(草案)而定，當鋼筋混凝土結構物裂縫寬度的上界為 0.006 英吋(即 0.15mm)，下界為 0.012 英吋(即 0.3mm)，0.006~0.012 英吋之間則屬於中等、可容忍的範圍。若為濱海地區或暴露在抗凍劑之環境下，裂縫下界提升到 0.007 英吋(上界仍為 0.006 英吋)。若為預力混凝土結構物，撓曲裂縫寬度超過 0.006 英吋(即 0.15mm)以上，則需要評估其設計強度是否足夠。

另外，對於從事橋梁檢測相關人員 NBIS 有嚴格的規定，但僅作為相關人員的最低必要條件，事實上在任用橋梁檢測人員時，可能會有更高的標準。有關人員的工作範疇及聘用標準如表 2.5 所示。

表 2.5 橋梁檢測相關人員的資格條件

相關人員	工作內容	資格條件
專案管理人	負責管理橋梁檢測、紀錄及盤點的單位。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 必須是登錄的專業工程師，或具備十年以上的橋梁檢測實務經驗。</li> <li>• 完成 FHWA 認可的綜合橋梁檢測訓練課程。</li> </ul>
小組組長	負責計畫、準備及執行各個橋梁的檢測業務。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 具有擔任專案管理人的條件</li> <li>• 具備五年以上的橋梁檢測實務經驗，且完成 FHWA 認可的綜合橋梁檢測訓練課程</li> <li>• 通過國家工程科技認證的第三級或第四級橋梁安全檢測人員，且完成 FHWA 認可的綜合橋梁檢測訓練課程</li> <li>• 具備大學工程學士學位，通過國家工程考試，兩年以上的橋梁檢測經驗，且完成 FHWA 認可的綜合橋梁檢測訓練課程</li> <li>• 輔修大學工程相關科系，四年以上的橋梁檢測經驗，且完成 FHWA 認可的綜合橋梁檢測訓練課程</li> </ul> (上述五點中，只要符合其中一點即可)
檢測人員	協助小組組長執行檢測。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 沒有特別規定資格限制，也沒有要求完成相關訓練課程，但若沒小組組長指導，建議仍應接受訓練課程。</li> </ul>

### 2.2.2 日本橋梁檢測評估準則

日本於二次大戰後，隨著經濟發展而大量新建橋梁，至 1960 年為止已經建設了 13,000 座橋梁，但在 1970 年，日本橋梁總數已多達 41,000 座，增加近 3 倍，如圖 2.13 所示。至 2012 年為止，橋長 15m 以上的橋梁總數約 16 萬座，若包括較短的橋梁(橋長 2.0m 以上)，總數大約 68 萬座，且大多為鋼構或鋼筋混凝土橋。比起早期的木橋，鋼橋及鋼筋混凝土橋的壽命較長，過去時常被稱為「永久橋」，但早期並無適當維護的概念，年久還是可見腐蝕或裂縫等劣化造成強度下降等情形。由建造完工後加 50 年，日本已進入橋梁高齡化階段，也感受到橋梁維護的重要性。

由於注意到其他較早發展道路建設的國家所發生的幾起橋梁斷裂事件，因而正視日本國內道路橋的劣化問題。2006 年，奈良縣山邊郡山添村山添橋(鋼橋)的主梁及橫梁之間因銲接處疲勞而產生裂縫，如圖 2.14 所示；2007 年，國道 23 號木曾川大橋、秋田縣由利本莊市本莊大橋(桁架橋)發現拉力斜撐桿件因腐蝕而斷裂，橋梁因而封閉，並更新損壞之構件，如圖 2.15 所示。除了橋梁構件老劣化問題外，日本位於地震帶且本島以南易受颱風侵襲，也因此造成許多橋梁災害事件，如圖 2.16 所示因地震造成的橋災案例，另外，2016 年的第 10 號颱風(臺灣稱「獅子山」)於 8 月 30 日登陸日本東北，對東北地區及北海道造成嚴重的災害，如圖 2.17 所示。

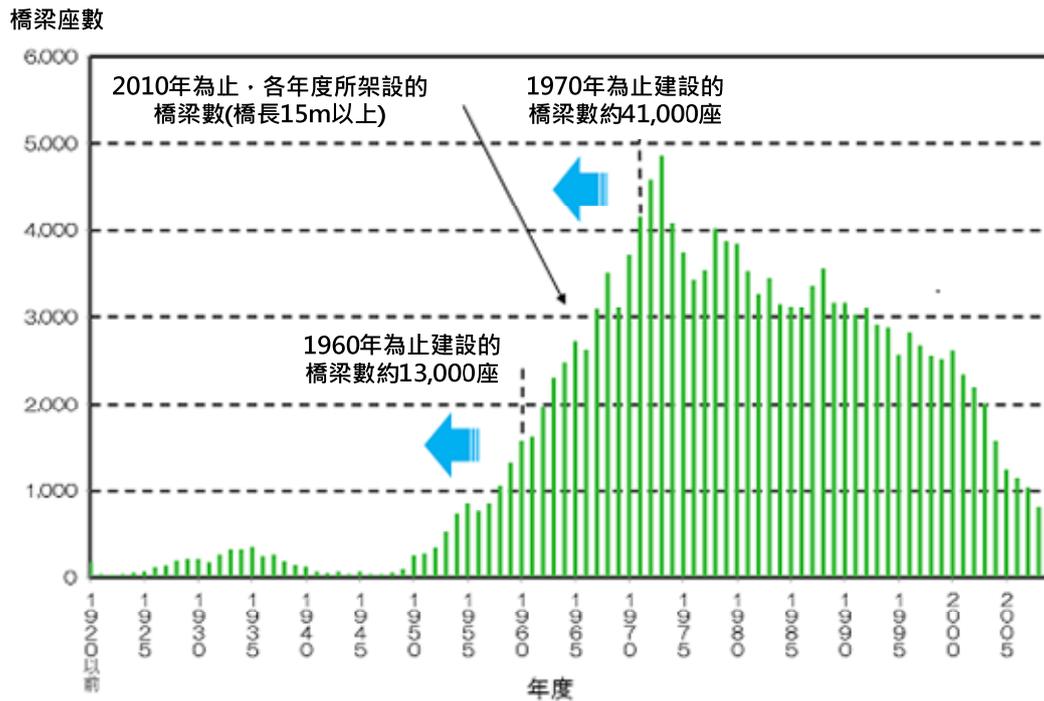


圖 2.13 日本橋梁建設年度分布圖



圖 2.14 山添橋的主梁產生裂縫的狀況



圖 2.15 木曾川大橋的斜撐構件斷裂狀況



(a)下部結構倒塌



(b)下部結構發生較大變位



(c)軸向發生變位而落橋



(d)側向發生變位於落橋

圖 2.16 地震造成橋梁災害的案例



圖 2.17 北海道芽室町上美生橋因洪水影響崩塌的情形

日本國土交通省道路局於 2014 年 6 月頒布最新的「道路橋定期檢驗要領」，適用於日本道路法第 2 條第 1 項所規定的道路中橋長 2.0m 以上、高架道路等的道路橋，規定以五年一次的頻率實施，主要以近距離目視檢測為主，但必要時可配合觸檢或打音法等非破壞性的檢測方法。本章節會簡單的介紹該要領，詳細的內容可參考附冊一。

國土交通省規定各個橋梁必須執行定期檢驗，並根據檢驗結果判斷橋梁各構

件及整座道路橋的健全性診斷，檢驗主要須由具有以下任一條件者擔當：

- 具備與道路橋樑相關符合的資格又或是具有相當實務經驗者。
- 具備道路橋梁設計、施工、管理等相關專業知識者。
- 具備與道路橋梁檢查相關相當的技術及實務經驗者。

檢驗時，應以道路使用者及預防第三者受害的角度，判定各構件的健全性及對應措施，如表 2.6 所示。先以構件為單位，判斷各構件的健全性診斷，至少要包括上部結構(主梁、橫梁、橋面版)、下部結構、支承及其他，接著再判斷整座橋梁的健全性診斷，一般來說會針對對結構物性能有影響的主構件判斷，並以所有主構件中最嚴重的健全性診斷區分作為整座橋梁的區分代表。

表 2.6 健全性診斷的判定區分及處理措施

區分		狀態	處理措施
I	健全	未發生造成結構物功能障礙的狀態	不需要進行監控或採取對策的狀態
II	預防維修階段	雖未發生造成結構物功能障礙的狀態，但由預防維修的觀點來看希望加以處理	依據狀況，建議進行監控或採取對策的狀態
III	早期處理階段	有可能已發生造成結構物功能障礙的問題，應採取早期處理措施	有必要及早進行監控或採取對策的狀態
IV	緊急處理階段	已經發生造成結構物工程障礙的問題，或者是極有可能發生，須立即採取緊急處理措施	有必要採取緊急對策的狀態

基於構件單位的健全性診斷結果，須採取必要措施以有效率的維護及修繕道路。具體而言，為了因應無法進行對策(補修、補強、撤走)、定期或時常監控、採取緊急措施的情況，可執行交通管制或禁止通行。在補修、補強時，道路橋管理者需基於健全性診斷結果，綜合檢討最合適的對策方法，以恢復道路橋的功能或耐久性。表 2.7 提供時常採取的主要對策舉例供參考，實際採取的對策仍須依當時狀況採取適當的措施。

表 2.7 各種劣化對應的處理措施

劣化的種類	措施(例)
腐蝕 龜裂 斷裂 其他	研磨處理 鑽止裂孔(Stop Hole) 添接板補強 等
裂縫 橋面版裂隙 其他	裂縫補修工法 斷面修復工法 鋼板接著工法 橋面版增厚工法 等

此外，國土交通省及地方政府為了因應「道路橋定期檢驗要領」，針對常見損害鹽害、鹼骨材反應(ASR)及第三方受害三項，建立維護手冊或補修補強指引，提供適當的對應措施。鹽害方面，根據國土交通省北陸地方整備局的「鹽害橋梁維護管理手冊」，處理措施會以玻璃纖維(FRP)黏著、設置纜線或中間支柱補強，補修措施則以電氣防蝕、脫鹽配合表面塗裝、混凝土片防止剝落措施等，主要目的在於避免鹽害造成混凝土開裂，使得內部鋼筋腐蝕而降低結構強度。ASR 的對策則是參考「鹼骨材反應造成劣化的橋梁之橋墩、橋台軀體的補修及補強指引」會依據補修目的而選擇合適的工法，若只為了保護內部鋼筋不受到腐蝕可選擇裂縫注入或充填工法，而斷面修復工法不只能保護內部鋼筋，還能防止 ASR 現象惡化。第三方受害的部分主要是為了避免混凝土剝落而使第三方使用者受到傷害，依據「橋梁上第三者受害預防措施要領」，一般會先以打音法檢查，若發出濁音則須用粉筆於結構物上畫記，並採取敲除作業的緊急措施，但若敲除作業的結果造成混凝土落下情形，則必須執行防鏽處置補修橋梁。

由於「道路橋定期檢驗要領」只提及簡略的定期檢驗內容及概念，許多細節項目都建議參考由國土交通省道路局國道、防災課頒布的「橋梁定期檢驗要領」。為了掌握並診斷道路橋各構件的狀態，以確保道路橋的運行、交通安全等，此要領訂定詳細的定期檢驗流程，包含檢驗計畫、實施檢驗、掌握損傷狀況、判定對策及健全性診斷等，如圖 2.18 所示，並針對五年一次的檢驗頻率作詳細的規定及說明。一般來說，為了能早期發現設計上缺失或施工品質不良等造成的初期損傷，建議橋梁使用後的兩年內執行第一次定期檢驗，第二次以後只需要以五年一次的頻率實施檢驗即可，但由於不同橋梁有不同的環境條件、使用年限、結構形式、交通流量等等，可因其損傷狀況及檢驗結果適當的調整縮短五年的間隔。

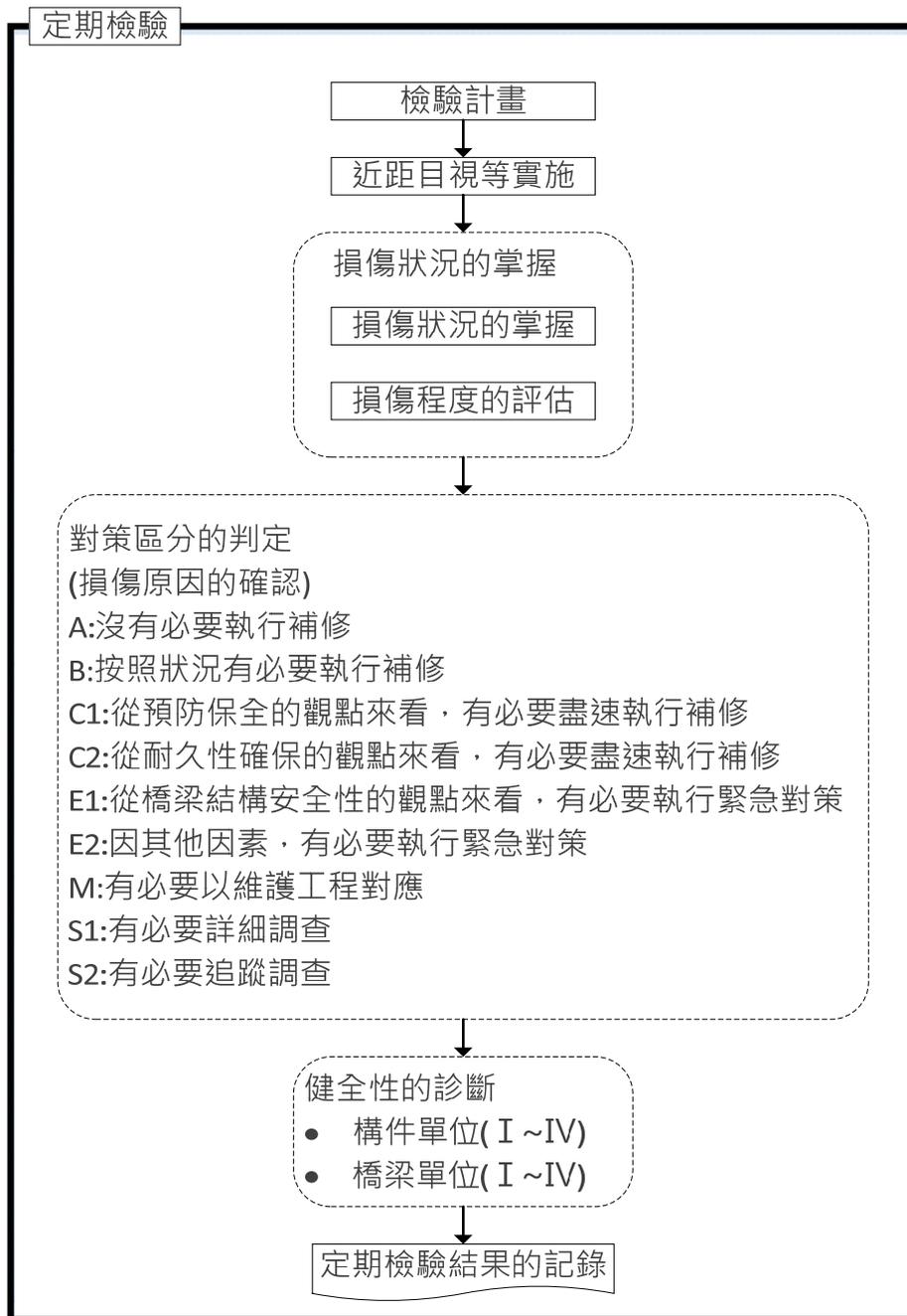


圖 2.18 定期檢驗流程

從圖 2.18 的定期檢驗流程可知，定期檢驗的實施包含「損傷狀況的掌握」、「對策區分的判定」及「健全性的診斷」。這三大步驟會評估表 2.8 列出的所有橋梁部位及構件，並記錄下三種評估結果，分別為「損傷程度的評估」、「對策區分判定」及「健全性診斷」。損傷程度的評估應以每個部位或構件可分割至最小的單位作為評估單位，評估各構件於表 2.9 中所列的損傷項目，且所有的損傷項目會根據損傷的程度及範圍大小以 a~e 區分(a 為沒有損傷、e 為最嚴重損傷，詳細的判斷方式皆列在「橋梁定期檢驗要領」原文的附冊 1 損傷評估基準)，並配合拍攝或素描與評估結果共同以數位化的方式留下紀錄。其中，部分損傷種類是根據敘述說明評估 a~e 的區分，如剝離、浮起、漏水等，但混凝土裂縫則是經由

實際量測數據，再根據量化結果區分，一般 RC 橋梁結構以 0.2mm 及 0.3mm 作為裂縫幅度的標準，若為 PC 結構則規定為更加嚴苛的 0.1mm 及 0.2mm，詳細解說可參閱附冊二。

表 2.8 檢驗構件項目

部位、構件區分					
上部結構	主梁*		下部結構*	橋墩	墩身
	主梁懸臂處*				梁處
	橫梁*				角落處
	縱梁*			橋台	胸牆
	橋面版				橋台正面
	斜對構				翼牆
	橫向構件	上方橫向構件		基礎	其他
		下方橫向構件			
	主結構桁架	上、下弦材*		支承處	支承本體
		斜撐、垂直構件			錨栓
		橋門結構			防止落橋系統
		節點*			砂漿支承座
		斜撐、垂直構件混凝土埋入處*			混凝土台座
			其他		
	拱橋	拱肋*		路上	欄杆
		加勁材*			防護柵欄
		吊材			緣石(欄杆下面)
		支柱			中央分隔島
		橋門結構			伸縮裝置 (包含後打混凝土)
		節點			隔音設施
		照明設施			
		標誌設施			
剛架橋	主結構(梁)		緣石		
	主結構(墩)		鋪裝(包含橋台背面處)		
斜張橋	斜撐		排水設施	排水溝	
	塔柱*			排水管	
	塔部水平構件			其他	
	塔部斜撐		檢驗設施		
纜線			架設架構物		
PC 固定處*			翼牆		
其他					

註 1：標記\*的部位或構件在對策區分判定時，以個數為評估單位(如：個、根、座、台等)

註 2：其他未標記的部位或構件，如：橋面版、斜對構等，在對策區分判定中以跨度為評估單位

表 2.9 損傷狀況的評估項目

損傷狀況的評估項目	
鋼構件的損傷	腐蝕
	龜裂
	(螺栓)鬆脫、脫落
	斷裂
	防蝕機能的老化
混凝土構件的損傷	裂縫
	剝離、鋼筋露出
	剝落
	橋面版裂縫
	浮起
其他的損傷	間隔異常
	路面的凹凸不平
	鋪面的異常
	支承處的機能故障
	其他
共同的損傷	補修、補強材料的損傷
	固定處的異常
	變色、老化
	漏水、積水
	異常聲音、振動
	異常撓曲
	變形、缺損
	土砂堆積
	下沉、移動、傾斜
	沖刷

接著，再根據損傷狀況的掌握，以圖 2.19 所示的基本流程判定對策區分，並以個數或跨度作為評估單位。最後，在執行國土交通省「道路橋定期檢驗要領」訂定的健全性診斷，在此可與前一步驟的「對策區分判定」一起實施，可由執行檢驗單位以表 2.6 的概念自行定義判斷方式，或是直接參考對策區分判定結果評估健全性診斷，其評估標準如下：

- 「I」：A、B
- 「II」：C1、M
- 「III」：C2
- 「IV」：E1、E2

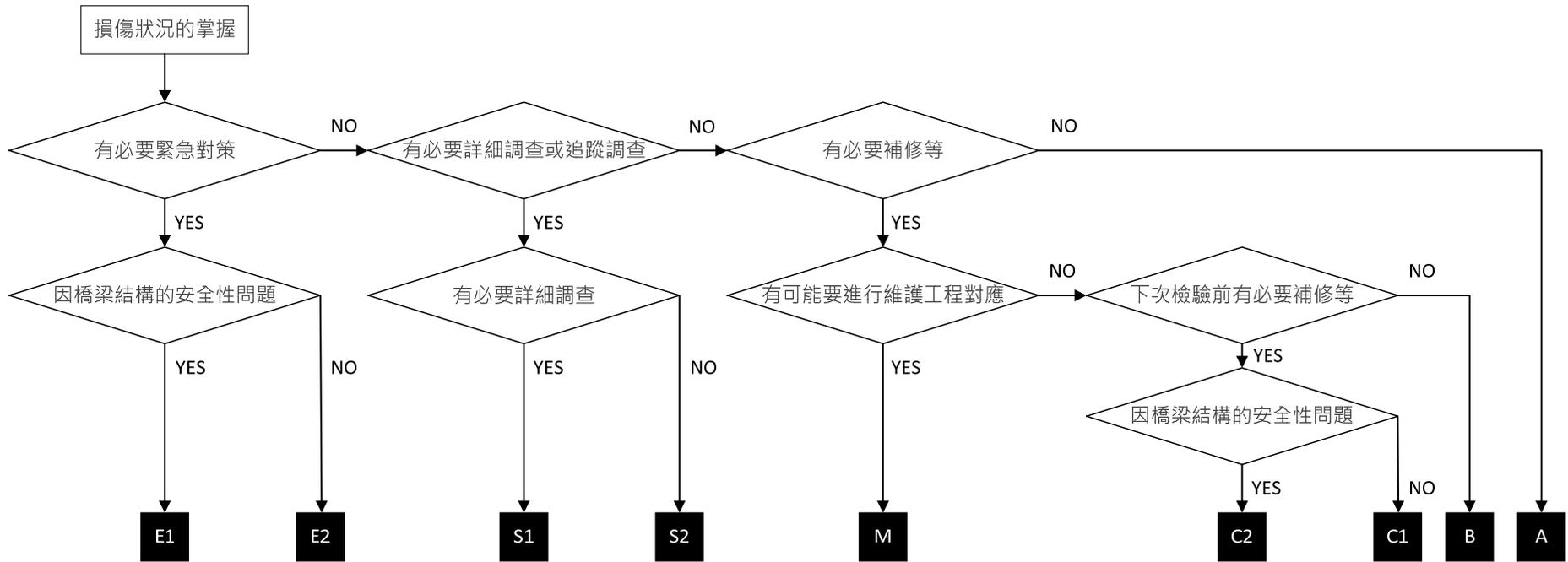


圖 2.19 對策區分判定的基本流程

此外，依據「道路橋定期檢驗要領」的檢驗人員標準，「橋梁定期檢驗要領」也詳細訂定相關人員的標準及提供建議的人力配制。其中，檢驗相關人員分為橋梁檢查員及橋梁檢驗員，相關定義及擔任標準如下：

a. 橋梁檢查員：執行對策區分的判定和健全性的診斷

- 具備橋梁相關對應的資格或相當的實務經驗
- 具備橋梁的設計、施工、管理相關專業知識
- 具備檢驗相關的技術和實務經驗
- 具備查驗檢驗結果的技術和實務經驗

b. 橋梁檢驗員：執行損傷程度的評估

- 具備橋梁相關實務經驗
- 具備橋梁的設計、施工相關的基礎知識
- 據被檢驗相關的技術和實務經驗

而有關檢驗小組的編制人員，則參考表 2.10，一般由橋梁檢驗員負責指揮小組執行損傷程度的評估、檢驗補助員負責操作相關機具、拍照攝影等、檢驗車駕駛聽從指示移動檢驗車及交通整理員確保道路交通順暢且檢驗作業員的人身安全。

表 2.10 檢驗小組的編制人員參考

接近方式	橋梁檢驗車等(註 1)	其他設施(註 2)
橋梁檢驗員	1 人	1 人
檢驗補助員	2 人	2 人
檢驗車駕駛	1 人	-
交通管制員	(註 3)	-

註 1) 橋梁檢驗車等：以一般的方式或使用常見的橋梁檢驗車接近橋梁執行檢驗。

註 2) 其他設施：使用檢查路、船、暫時性設施等較特殊的方式接近橋梁執行檢驗。

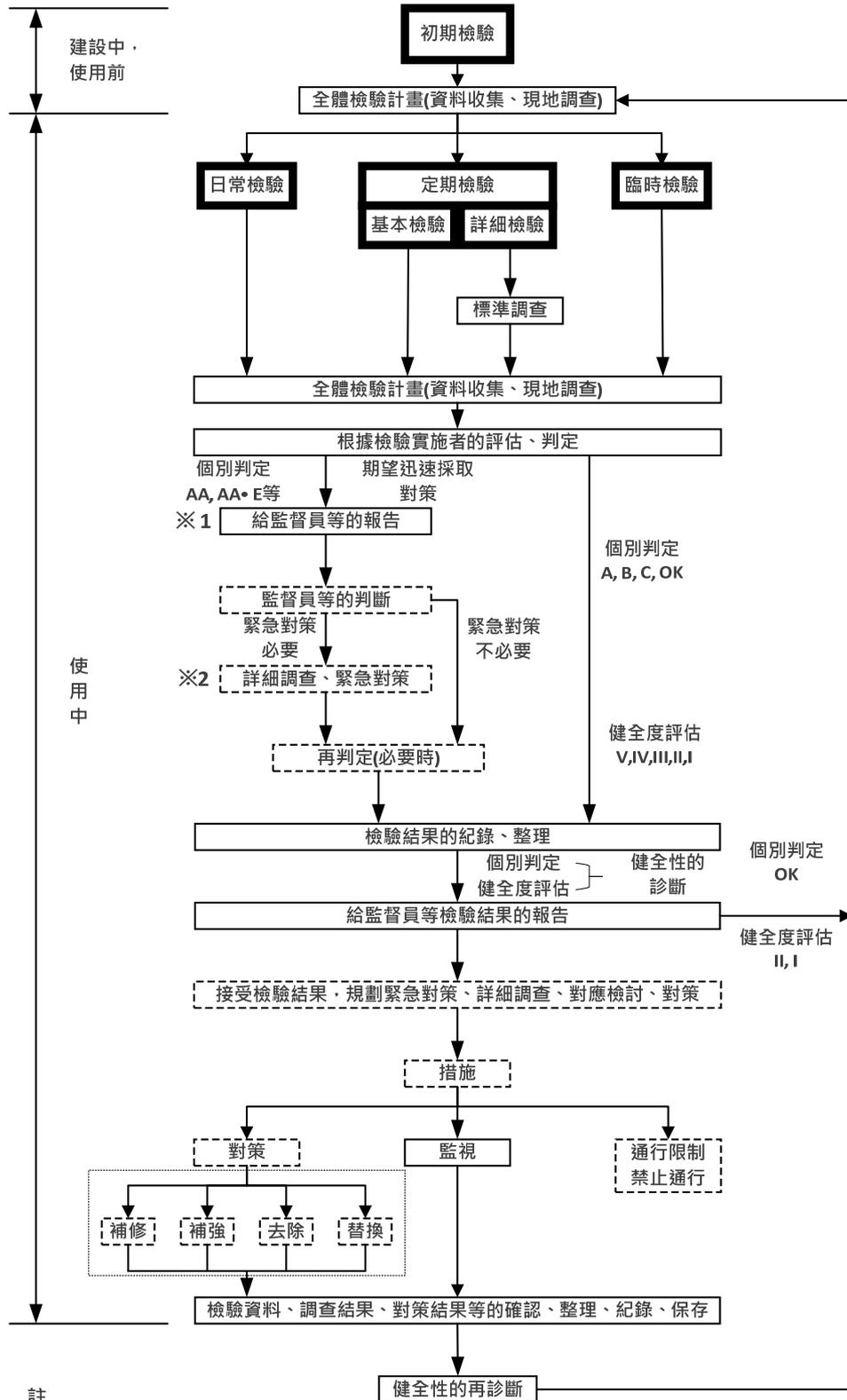
註 3) 交通管制員：依據「道路工程保安設施設置基準(案)」決定編制人員。

在國土交通省訂定的「道路橋定期檢驗要領」裡有提到，詳細道路橋定期檢驗的方式內容可參考「橋梁定期檢驗要領」或是根據各自需求訂定檢驗要領或手冊。因此，本章節將另外介紹由日本高速道路綜合技術研究所(NEXCO 總研)出版的「保全點檢要領 構造物篇」，詳細的要領內容可參考附冊三所翻譯的橋梁相關檢測內容。日本高速道路綜合技術研究所是由日本民營的東日本高速道路株式會社、中日本高速道路株式會社及西日本高速道路株式會社三家民營高速公路公司(合稱 Nippon EXpressway COmpany Limited, NEXCO)共同出資建立的研究單位，而這三間公司的前身就是日本道路公團。

「保全點檢要領 構造物篇」針對該三間公司管轄下的所有道路結構物建立檢驗要領，目的是為了在遵守道路法規規定的情況下，確切掌握、評估結構物的狀況，必要時實施適當措施，以便保持交通安全、防止第三人被害以及長期維持道路結構物的良好狀態。因此，本要領訂定完整的檢驗體系，在不同時間階段配合各種檢驗方法實施不同類型的檢驗，各類型檢驗的目的、適用方法及頻率如表 2.11 所示，且各檢驗應遵照圖 2.20 的檢驗對策流程圖執行。

表 2.11 檢驗種類概要

檢驗種類		檢驗主要目的		檢驗方法	檢驗頻率
初期檢驗 (土工結構物)		掌握初期狀況		近距目視或遠距目視，必要時併用觸檢或打音等非破壞型檢查	開始使用前、結構變更時
初期檢驗 (土工結構物以外)		掌握初期狀況、防止第三人被害		近距目視與觸檢或打音，必要時併用非破壞型檢查	開始使用前、結構變更時
		掌握初期狀況、健全性、維護		近距目視或遠距目視，必要時併用觸檢或打音等非破壞型檢查	開始使用前、結構變更時
日常檢驗		日常安全之確認		適當結合車上目視、車上感覺、遠距目視等方法實施檢驗，必要時下車確認	依交通量設定: 4 日以上/2 週 5 日以上/2 週 6 日以上/2 週 7 日以上/2 週
定期檢驗	基本檢驗	掌握安全性、範圍內整體現狀		近距目視或遠距目視	1 次以上/年
	詳細檢驗	防止第三人被害		基本原則以近距目視與觸檢或打音檢眼	1 次以上/5 年
		健全性的掌握、維持等	個別判定	近距目視為基本原則，必要時併用觸檢或打音等非破壞型檢查	1 次以上/5 年
臨時檢驗	特別檢驗	其他檢驗之補全、類似結構物之掌握		利用遠距目視、近距目視、觸檢、打音之適當組合實行檢驗，必要時併用非破壞型檢查	必要時
	緊急檢驗	防災相關準則等參考		利用遠距目視、近距目視、觸檢、打音之適當組合實行檢驗，必要時併用非破壞型檢查	必要時



註

**▭** **▭** : 表示檢驗業務的內容

AA, A, B, C, OK, E : 參照本要領「檢驗結果的判定」

**▭** : 表示檢驗業務不包含的內容

※1在日常檢驗緊急的情況下，可以省略的步驟

※2調查是檢驗無法評估的情況下，實施為定量的解析評估變形的狀況而實施。

圖 2.20 檢驗與對策的流程圖

其中，定期檢驗的詳細檢驗需要依據檢驗結果對應各個不同的劣化狀態，分別進行個別判定和健全性評估，以便日後可作為國土交通省規定的健全性診斷之參考。個別判定會針對橋梁所有構件包含附屬物(如：欄杆緣石、排水裝置等)，以個別劣化及第三者可能受害兩個觀點，參考表 2.12 的概念作判定區分，保全檢點要領一書內，有各個構件詳細的個別劣化判定標準。因個別判定主要應用於短期的補修計畫策定，若判定結果為 AA 或 AA·E，表示有必要盡速處理、執行緊急對策，若為其他結果，則依序流程繼續進行健全度評估和健全性診斷即可。

健全度評估的目的在於客觀掌握有觀橋梁構件的劣化時間點、機構、狀態等，並應用於長期的修繕、更新計畫。評估的構件對象為橋梁附屬物以外的主要構件，詳如表 2.13 所示，主要以跨度或個數為單位執行評估。評估的原則及劣化等級可以參考表 2.14 及「保全點檢要領 構造物篇」第 9-3-6 章節。

表 2.12 個別劣化相對的判定區分

判定區分		一般的狀況
針對個別劣化判定	AA	劣化顯著，對功能面有非常高的影響，有必要盡速應對。
	A	有劣化，會影響功能下降，有必要檢討對策。
	A1※1	有劣化，對功能下降有較高的影響。
	A2※1	有劣化，對功能下降有較低的影響。
	B	有劣化，對功能下降無影響，但有必要繼續監視變形的狀態。
	C	有劣化狀態，有必要調查。
	OK	沒有劣化或劣化輕微。
針對第三者受害判定	E	可能對交通安全或第三方等有阻礙，有必要判斷對策。

表 2.13 個別劣化相對的判定區分

結構區分	構件	單位	備註
鋼橋	鋼梁	跨度	
混凝土橋	RC 梁	跨度	
預力混凝土橋	PC 梁(包含外部纜線和 PC 固定處)		
複合橋※1	鋼構件、混凝土構件、接合處	跨度	
橋面版	RC 橋面版、PC 橋面版 鋼橋面版※2、鋼筋混凝土合成橋面版	跨度	
下部結構	橋台 橋墩(包含鋼製橋墩)	個數	基礎除外
支承	鋼製支承 橡膠支承	個數	
伸縮裝置	鋼製齒型伸縮縫 既成品型伸縮縫 埋設型伸縮縫	個數	

表 2.14 健全度評估(劣化等級)

劣化等級	劣化或老化的進行	結構物的功能
I	沒有問題和劣化	看不到老化的發生
II	輕微劣化	雖然開始發生老化，但並沒有降低耐重程度和通行能力。
III	發生劣化	持續老化，耐重程度和通行能力有相較降低，有必要注意
IV	劣化顯著	耐重度降低，可能會危及到安全性。另外，通行能力也下降，恐怕會影響使用。
V	嚴重劣化	耐重程度嚴重降低，有安全性的問題。另外，通行能力也嚴重下降，有使用上的問題。

保全點檢要領提供了個別判定、健全度評估與國土交通省訂定的健全性診斷之間的關係對應表，如表 2.15 及表 2.16 所示。基本上，主要構件因有實施健全度評估，可直接遵照表 2.15 對應得到健全性診斷結果，而其他橋梁附屬物則是由個別判定的結果對照表 2.16 對應健全性診斷的區分。

表 2.15 健全度評估與健全性診斷的對照表

國土交通省訂定的健全性診斷區分		狀態	橋梁		
			NEXCO 健全度評估區分(主梁、橋面版等)		
區分			劣化等級	劣化或老化的惡化	定義
IV	緊急措施階段	結構物的機能發生故障。或是發生的可能性高，而採取緊急措施的狀態。	-	-	-
III	早期措施階段	有結構物的機能發生故障的可能性，應早點建立措施的狀態。	V	發生嚴重的劣化。	有耐荷性能嚴重降低造成安全性問題。或是有通行性能嚴重降低恐怕對使用性有影響。
			IV	劣化顯著。	有耐荷性能下降中恐怕對安全性有影響。或是有通行性能下降中恐怕對使用性有影響。
II	預防保養階段	雖然結構物沒有發生故障，但站在預防保養的觀點，期望建立措施的狀態。	III	發生劣化。	老化相當惡化，有必要注意是否耐荷性能或通行性能下降。
			II	發生輕微劣化。	老化惡化但耐荷性能或通行性能沒有下降。
I	健全	結構物的機能沒有發生故障的狀態。	I	沒有劣化。	看不見老化的惡化。

表 2.16 個別判定與健全性診斷的對照表

國土交通省訂定的健全性診斷區分		橋梁(附屬物)和橫斷步道橋		
		NEXCO 個別判定區分		
區分	狀態	判定區分	一般的狀況	
IV	緊急措施階段	-	-	
III	早期措施階段	AA	劣化顯著，且判斷對機能面有非常高的影響，有必要盡速對策的情形。	
		A	A1	有劣化，且判斷對機能下降有較高影響的情形。
			A2	有劣化，但判斷對機能下降有較低影響的情形。
II	預防保養階段	B	有劣化，但對機能下降無影響，有必要對劣化的惡化狀態持續觀察的情形。	
I	健全	OK	無劣化或輕微劣化的情形。	

### 2.2.3 中國橋梁檢測評估準則

中華人民共和國交通運輸部頒布之「公路橋梁技術狀況評定標準」(2011)中提到，公路橋梁技術狀況評定先針對橋梁各構件(Bridge member)進行評定，然後對橋梁各部件(Bridge component)進行評定，再對橋面版(包含鋪面、伸縮縫、人行道等)、上部結構和下部結構進行評定，最後進行橋梁總體技術狀況評定。

橋梁總體技術狀況評定分為 5 個等級，從 1 類至 5 類，如表 2.17 所示。針對橋梁主要部件，其技術狀況評定分為 5 個等級，從 1 類至 5 類，如表 2.18 所示。針對橋梁主次要部件，其技術狀況評定分為 4 個等級，從 1 類至 4 類，如表 2.19 所示。

表 2.17 中國橋梁技術狀況評定等級

技術狀況 評定等級	橋梁技術狀況描述
1 類	全新狀態，功能完好。
2 類	有輕微缺損，對橋梁使用功能無影響。
3 類	有中等缺損，尚能維持正常使用功能。
4 類	主要構件有大的缺損，嚴重影響橋梁使用功能；或影響承載力，不能保證正常使用。
5 類	主要構件存在嚴重缺損，不能正常使用，危及橋梁安全，橋梁處於危險狀態。

表 2.18 橋梁主要部件技術狀況評定等級

技術狀況 評定等級	橋梁技術狀況描述
1 類	全新狀態，功能完好。
2 類	功能良好，材料有局部輕度缺損或汙染。
3 類	材料有中等缺損，或出現輕度功能性病害，但發展緩慢，尚能維持正常使用功能。
4 類	材料有嚴重缺損，或出現中等功能性病害，且發展較快；結構變形小於或等於規範值，功能明顯降低。
5 類	材料有嚴重缺損，出現嚴重的功能性病害，且有持續擴展現象；關鍵部位的部份材料強度達到極限，變形大於規範值，結構的強度、剛度、穩定性不能達到安全通行的要求。

表 2.19 橋梁次要部件技術狀況評定等級

技術狀況 評定等級	橋梁技術狀況描述
1 類	全新狀態，功能完好；或功能良好，材料有輕度缺損、汙染等。
2 類	有中等缺損或汙染。
3 類	材料有嚴重缺損，出現功能降低，進一步惡化將不利於主要部件，影響正常交通。
4 類	材料有嚴重缺損，失去應有功能，嚴重影響正常交通；或原無設置，而調查需要補設。

「公路橋梁技術狀況評定標準」中針對各構件之劣化均有提供定性評定標準，部份劣化除了定性標準，亦提供定量標準，如表 2.20 為簡支梁(版)橋、剛架橋裂縫裂縫評定標準，表 2.21 為連續梁橋、連續剛構橋、懸臂梁橋和 T 型剛構橋裂縫評定標準。

表 2.20 簡支梁(版)橋、剛架橋裂縫

標度	評定標準	
	定性描述	定量描述
1	完好	—
2	局部出現網狀裂縫，貨主梁出現少量輕微裂縫，縫寬未超限。	網狀裂縫累積面積 $\leq$ 構件面積的 20%，單處面積 $\leq 1.0\text{m}^2$ ，或主梁裂縫縫長 $\leq$ 截面積尺寸的 1/3。
3	出現大面積網狀裂縫，或主梁出現較多橫向裂縫（鋼筋混凝土梁、版），或順主筋方向出現縱向裂縫，或出現斜裂縫、水平裂縫、豎向裂縫等，縫寬未超過。	網狀裂縫累積面積 $>$ 構件面積的 20%，單處面積 $> 1.0\text{m}^2$ ，或主梁裂縫縫長 $>$ 截面積的 1/3 且 $\leq$ 截面尺寸的 2/3。
4	主梁控制截面出現較多橫向裂縫（鋼筋混凝土梁、版），或順主筋方向出現嚴重縱向裂縫並伴有鋼筋銹蝕等，或出現斜裂縫、水平裂縫、豎向裂縫等，裂縫縫寬超限。	主梁裂縫縫長 $>$ 截面尺寸的 2/3，間距 $< 20\text{cm}$ 。
5	主梁控制截面出現大量結構性裂縫，裂縫大多貫通，且縫寬超限，主梁出現變形。	主梁裂縫縫寬 $> 1.0\text{mm}$ ，間距 $\leq 10\text{cm}$ 。

表 2.21 連續梁橋、連續剛構橋、懸臂梁橋和 T 型剛構橋裂縫

標度	評定標準	
	定性描述	定量描述
1	無裂縫	—
2	局部出現網狀裂縫，或主梁出現較少量輕微裂縫，縫寬未超限。	網狀裂縫累積面積 $\leq$ 構件面積的 20%，單處面積 $\leq 1.0\text{m}^2$ ，或主梁裂縫縫長 $\leq$ 截面積尺寸的 1/3。
3	出現大面積網狀裂縫，或主梁出現橫向裂縫（鋼筋混凝土梁），或順主筋方向出現縱向裂縫，或出現斜裂縫、水平裂縫、豎向裂縫等，縫寬未超過。	網狀裂縫累積面積 $>$ 構件面積的 20%，單處面積 $> 1.0\text{m}^2$ ，或主梁縫長 $>$ 截面尺寸的 1/3 且 $\leq$ 截面尺寸的 1/2。
4	主梁控制截面出現較多橫向裂縫（鋼筋混凝土梁），或順主筋方向出現嚴重縱向裂縫並伴有鋼筋銹蝕等，或出現斜裂縫、水平裂縫、豎向裂縫等，裂縫縫寬超限。	主梁裂縫縫長 $>$ 截面尺寸的 1/2，間距 $< 30\text{cm}$ 。
5	主梁控制截面出現大量結構性裂縫，裂縫大多貫通，且縫寬嚴重超限，主梁出現變形。	主梁裂縫縫寬 $> 1.0\text{mm}$ ，間距 $< 20\text{cm}$ 。

隨著中國經濟建設的快速發展，也加強了交通基礎設施建設，中國近十年來在橋梁建設上有大幅度的躍進，超大跨度的拱橋、斜張橋、吊橋不斷興建完成，至 2002 年中國的公路橋梁已經多達 29 萬座，橋梁之建設與管理已成為中國大陸基礎建設重要之議題之一。1985 年，中華人民共和國交通運輸部開始了「公路橋梁管理信息系統」的研發。1992 年，第一版之中國公路橋梁管理系統(China Bridge Management System, CBMS)完成，成為交通部「八五」科技發展的重點項目。目前最新的版本是 CBMS2012，為一路網層級之橋梁管理系統，使用者透過網路瀏覽器操作。此系統透過內業數據採集、外業數據採集、數據輸入及系統運行的過程，管理各個地區的橋梁。其中，外業數據採集部分會透過橋梁檢測作業，現場實地勘查橋梁的狀況，蒐集橋梁數據、損傷描述、損傷評估及照片等等，主要是依據 JTGH11-2004「公路橋涵養護規範」進行檢測，再按照「公路橋梁技術狀況評定標準」進行橋梁類別評定，除了損傷數據可輔助維修決策，判定的橋梁類別也可助於國家或地區管理所有的橋梁。

#### 2.2.4 我國橋梁檢測評估準則

我國目前各橋梁管理機關橋梁定期檢測所使用之檢測法稱為「DER&U 目視檢測法」，此檢測法為昭凌顧問工程公司與南非 CSIR 公司所共同發展之目視檢測評估法，最初是為高公局所開發之橋梁管理系統而設計之目視檢測評估法，民國 92 年頒布之「公路養護手冊」將 DER&U 目視檢測法明定為全國通用之橋梁定期檢測方法。

DER&U 目視檢測法將橋梁分為 21 項檢測項目(構件)，其中第 1 到第 11 項為整體檢測項目，第 12 至 20 項則為逐跨逐墩檢測項目，第 21 項為其他，檢測項目如表 2.22 所示。而對每一個檢測項目(構件)依「劣化程度 (Degree, D)」、「劣化範圍 (Extent, E)」以及對橋梁安全性與服務性的「重要性 (Relevancy, R)」，分別給予 1~4 之評分，1 代表狀況良好，4 則代表狀況十分嚴重，當構件有劣化時，則需給予建議維修工法，再針對該劣化維修之「急迫性 (Urgency, U)」加以評定。在 D、E、R 及 U 之評等中，「0」具有特殊意義，當 D 填 0 時代表該橋沒有這個構件，E 填 0 時代表此一構件無法檢測，R 填 0 時代表無法判定重要性，U 填 0 時則代表無法判定急迫性，評估準則詳表 2.23 所示。

表 2.22 DER&U 目視檢測法檢測項目

編號	整體檢測項目	編號	逐跨逐墩檢測項目
1	引道路堤	12	橋墩保護設施
2	引道護欄	13	橋墩基礎
3	河道	14	橋墩墩體/帽梁
4	引道護坡	15	支承/支承墊
5	橋台基礎	16	防落設施
6	橋台	17	伸縮縫
7	翼牆/擋土牆	18	主構件(大梁)
8	摩擦層	19	副構件(橫梁)
9	橋面排水設施	20	橋面版
10	緣石及人行道		
11	橋護欄		
21	其他		

表 2.23 DER&U 目視檢測法評估準則

評分	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	緊急處理維修

在檢測人員資格方面，民國 97 年頒布之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」第一章有規定人員資格，提到橋梁檢測的作業人員依照作業特性可分為目視檢測人員、非破壞檢測人員及評估人員。檢測人員意指實際執行檢測作業的技術人員，應熟悉規範訂定的檢測程序與檢測方法，且了解結構橋梁力學行為及各構件機能，而牽涉到專業的儀器檢測時，則應聘用取得該儀器檢測資格證照的技術人員。詳細規定如下：

- (1) 橋梁檢測人員應具土木技師或結構技師資格，或經管理機關認可的橋梁檢測訓練合格者。但經管理機關同意之下，以下人員也可取代之。
  - A. 大學土木相關科系畢業，具一年以上橋梁工程之相關實務經驗者。
  - B. 專科土木相關科系畢業，具三年以上橋梁工程之相關實務經驗者。
  - C. 高中土木相關科系畢業，具五年以上橋梁工程之相關實務經驗者。
- (2) 儀器檢測之非破壞檢測人員資格應參考 CNS13588「非破壞檢測人員資格檢定與授證」中詳列的部分非破壞檢測方法之檢測人員資格相關規定。
- (3) 評估與補強設計人員應具土木技師或結構技師資格，或經管理機關認可的橋梁評估與補強設計訓練合格者。但經管理機關同意之下，以下人員也可取代之。
  - A. 大學土木相關科系畢業，具三年以上橋梁工程之相關實務經驗者。
  - B. 專科土木相關科系畢業，具五年以上橋梁工程之相關實務經驗者。
  - C. 高中土木相關科系畢業，具八年以上橋梁工程之相關實務經驗者。

民國 104 年頒布之「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中則取消了人員資格，而回歸到依公路修建養護管理規則第十條第二項「前項橋梁檢測之制度、方法、頻率及檢測人員之資格與培訓、簽證制度要點，由中央公路主管機關統一訂定。」據此，交通部正再研擬橋梁檢測人員資格，目前尚未頒布。

有關我國橋梁檢測之類別與各類檢測實施之時機，因現行各規範均有些許差異，故將於第三章中詳述。

### 2.2.5 英國橋梁檢測評估準則

根據英國公路局，英國一共有五類型的橋梁檢測種類：驗收檢測(Acceptance)、簡易檢測(Superficial)、一般檢測(General)、主要檢測(Principal)及特別檢測(Special)，如表 2.24 所示。而英國的公路橋梁主要分為 20 區，由公路局的區域結構管理人分配管理，橋梁檢測的執行則是由承包商組成檢測小組，包含組長、檢測人員、潛水夫和特別檢測專家等，如表 2.25 所示。

英國目視檢測的評估方式是由英國公路局所提出的嚴重度-範圍評分規則，

如表 2.26 所示。嚴重度(Severity)指變形或破壞影響橋梁構件的程度，而範圍(Extensive)則是指橋梁構件變形或受損的長度、面積、數量等。這兩項指標分別區分成五個等級表示惡化程度，從損傷最小(結構安全穩定)到倒塌狀態(失去功能)，最後兩項指標在結合成矩陣區分如表 2.27 所示。

表 2.24 英國橋梁檢測種類

檢測種類	頻率	執行人員	說明
驗收檢測	-		新橋建造完成、剛維修完畢及新廠商承接時執行。
簡易檢測	頻繁	承包商	確認是否有顯著的缺陷並盡速修復。
一般檢測	2 年	承包商	對於容易到達的橋梁構件，在一般檢測或主要檢測後至少每兩年內必須再執行一次一般檢測。
主要檢測	6 年	承包商	檢測橋梁的所有構件，包含難以檢測之處。此檢測有時候需要專業機具輔助。
特別檢測	必要時	承包商	特定橋梁構件的詳細調查。

表 2.25 檢測相關人員

檢測相關人員	工作內容	雇用單位
區域結構管理人	負責管理檢測計畫及簡月檢測紀錄，並提出維護計畫及預算。	公路局
檢測小組組長	負責計畫檢測及維護工作，且須提教檢測紀錄至公路局。	承包商
橋梁檢測員	負責執行檢測。	承包商
水下檢測員	執行跨河橋基礎、河流高峰期的情況及水下損傷影響的定期檢測。	承包商
檢測專家	執行特別檢測，例如：高空繩索攀爬、熱成像技術或其他非破壞檢測等。	承包商

表 2.26 指標評分

指標	區分	說明
範圍	A	沒有顯著損傷。
	B	輕微，低於 5% 的長度或面積受到影響。
	C	中度，5%~20% 的面積受到影響。
	D	嚴重，20%~50% 的面積受到影響。
	E	極度嚴重，50% 以上的長度或面積受到影響。
嚴重度	1	完好如初或沒有顯著損傷。
	2	輕微損傷，惡化前的早期徵兆。
	3	中度損傷，預期部分功能將失效。
	4	嚴重損傷或構件即將故障。
	5	構件已經完全失效、故障。

表 2.27 嚴重度-範圍指標矩陣

指標		嚴重度				
		1	2	3	4	5
範圍	A	A1	-	-	-	-
	B	B1	B2	B3	B4	B5
	C	C1	C2	C3	C4	C5
	D	D1	D2	D3	D4	D5
	E	E1	E2	E3	E4	E5

若要評估橋梁整體的情況，可由嚴重度及範圍的評估結果推算。首先，以表 2.27 的指標矩陣換算成表 2.28 的構件狀態分數(Element Condition Score, ECS)，同時根據表 2.29 評估該構件的重要度(Element Importance Factor, EIF)，亦指其對結構功能的重要程度。接著，計算表 2.30 的構件狀態因子(Element Condition Factor, ECF)，並透過公式 1 計算構件狀態指標，代表該構件的狀態對整體橋梁構件的影響程度。

$$ECI = ECS - ECF (\geq 1) \dots\dots\dots \text{公式 1}$$

最後，根據每一個構件 ECI 及 EIF，代入公式 2 計算橋梁狀態分數(Bridge Condition Score, BCS)，再以公式 3 換算成橋梁狀態指標(Bridge Condition Index, BCI)，並可根據表 2.31 了解該指標數值所代表的橋梁狀態。

$$BCS = \frac{\sum_{i=1}^N (ECI_i \times EIF_i)}{\sum_{i=1}^N EIF_i} \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

$$BCI = 100 - 2[(BCS)^2] + (6.5 \times BCS) - 7.5 \dots\dots\dots \text{公式 3}$$

表 2.28 構件狀態分數

指標		嚴重度				
		1	2	3	4	5
範圍	A	1.0	-	-	-	-
	B	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	C	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1
	D	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3
	E	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7

表 2.29 構件重要度

構件重要性	EIF
非常高	2
高	1.5
中	1.2
低	1.0

表 2.30 構件狀態因子的定義

重要性	狀態因子(ECF)
非常高	$ECF = 0$
高	$ECF = 0.3 - \left[ (ECS - 1) \times \frac{0.3}{4} \right]$
中	$ECF = 0.6 - \left[ (ECS - 1) \times \frac{0.6}{4} \right]$
低	$ECF = 1.2 - \left[ (ECS - 1) \times \frac{1.2}{4} \right]$

表 2.31 BCI 橋梁狀態

BCI 值	狀態
$90 \leq BCI \leq 100$	非常良好
$80 \leq BCI < 90$	良好
$65 \leq BCI < 80$	一般
$40 \leq BCI < 65$	差
$00 \leq BCI < 40$	非常差

## 2.2.6 南非橋梁檢測評估準則

南非主要由南非國家道路局(South Africa National Roads Agency Limited, SANRAL)管理國道的橋梁、省政府交通部門管理省道的橋梁及市政府交通部門管理市道的橋梁。其維護實施包含五種檢測，監測、基本檢測、認證檢測等，如表 2.32 所示。SANRAL 會指派橋梁管理人去挑選顧問公司和監督檢測服務，而顧問公司中執行檢測的人員如表 2.33 所示。

表 2.32 南非的橋梁檢測種類

檢測	說明	頻率	執行單位
監測	快速檢測新的損傷或原損傷的最新狀態。監測不需要執行任何評估。	每年至少 1 次	維修人員
基本檢測	橋梁所有損傷的完整檢測和記錄。	5 年	有橋梁或維修相關經驗的檢測人員
認證檢測	由 SANRAL 每年執行檢測的認證，一般以 QA 成果認證數據的準確性。	每年 60 座橋梁	資深橋梁檢測人員
計畫檢測	為了合約文件收集資料的檢測。	維修計畫前	顧問公司的資深橋梁工程師
驗收檢測	合約完成後的檢測工作。	維修計畫後	顧問公司的資深橋梁工程師

表 2.33 檢測相關人員

檢測相關人員	工作內容	雇用單位
橋梁路網管理人	協調所有橋梁管理系統相關的作業，包含顧問公司的委派等。	SANRAL
顧問檢測小組組長	協調顧問公司的所有作業和行政事務。	顧問公司
認證橋梁檢測員	參加過 SANRAL 橋梁和箱涵檢測課程的專業工程師，通常具有經驗或是課程認證。	顧問公司
認證箱涵檢測員	執行 SANRAL 管理下的橋梁和箱涵檢測作業的技術工程師，通常具有經驗或是課程認證。	
水下檢測員	在南非較少見，負責較特別的檢測。	顧問公司
資深橋梁檢測員	專門執行檢測認證的人員，有的資深橋梁檢測員也會負責檢測大規模的結構物。	
檢測專家	負責計畫外的檢測。	顧問公司

南非採取的橋梁評估系統是 DER 系統，可評估劣化程度(Degree)、劣化範圍(Extent)及重要性(Relevancy)，如表 2.34 所示，且各指標都以 0(沒有劣化)~4(嚴重劣化)作為評分如表 2.35。由這三大面相可幫助評估劣化的嚴重性、對結構物的影響及使用者的安全性。

表 2.34 DER 評分系統

指標		描述
D	劣化程度	劣化的嚴重程度。
E	劣化範圍	橋梁結構劣化的範圍。
R	重要性	劣化對整體結構的影響。
U	急迫性	建議的維修年限。

表 2.35 劣化評分

	程度(D)	範圍(E)	重要性(R)	急迫性(U)
0	無法判斷	-	-	僅須監測
1	良好	局部	微	例行
2	尚可	>局部	小	<5 年
3	差	<整體	中	<2 年
4	嚴重	整體	大	緊急處理

檢測結束後，檢測結果的數據可決定橋梁狀態指標(Bridge Condition Index, BCI)，BCI 也會考量到橋梁的使用頻率和情況，並根據所有構件的劣化狀態值及橋梁重要因子計算，如公式 4~6。

$$I_{cj} = 100 \times \left[ 1 - \frac{(D+E) \times R}{32} \right] \dots \dots \dots \text{公式 4}$$

$$\text{Bridge Importance} = \frac{ADT_i}{\sum_{i=1}^n ADT_i} \dots \dots \dots \text{公式 5}$$

$$BCI_i = \frac{(\sum_{i=1}^n I_{cj}) \times ADT_i}{\sum_{i=1}^n ADT_i} \dots \dots \dots \text{公式 6}$$

其中，D, E, R = 程度、範圍、重要度， $I_{cj}$  = 結構 i 的優先檢測指標， $BCI_i$  = 結構 i 的橋梁狀態指標， $ADT_i$  = 結構 i 的每日平均交通量。

## 2.2.7 丹麥橋梁檢測評估準則

丹麥的道路局確立了 8 種橋梁檢測，如表 2.36。

表 2.36 丹麥橋梁檢測類型

檢測類型	說明	頻率	檢測人員
登錄檢測	蒐集橋梁資訊及基本狀態。	新建及大型 維修工程時	橋梁檢測人員
日常檢測	簡易的檢查，註記故障、破壞、碎屑等。	日常	道路維護工作 人員
例行檢測	計畫及檢查例行的清理及維護，並檢視結構物紀錄損傷。	每年	顧問、橋梁檢測 人員
報告檢測	給予使用者檢視的報告，內容包括： • 衝擊破壞 • 公物破壞 • 橋梁或道路上的碎屑 • 侵蝕破壞	根據使用者	
主要檢測	針對所有橋梁構件，完整且有系統的目視檢測。	六年含以下	道路局的橋梁 檢測人員
特殊檢測	應維護作業的決策需求，蒐集更加詳細的資料。	依據例行檢 測的要求	顧問公司的橋 梁檢測人員
經濟特殊 檢測	橋梁大規模維護計畫的事前準備，有助於改善策略的發展和比較。	計畫之前	顧問公司的橋 梁檢測人員
技術特殊 檢測	破壞調查 特殊調查 載重力估計	依據特殊需 求	顧問公司的橋 梁檢測人員

若為較長跨距的橋梁，其檢測頻率可延長至 8 年，因此類型橋梁的檢測較為複雜，需要關閉車道及升降設備。大部分橋梁的檢測頻率有兩大因素決定，其一為橋梁本身的條件及狀況，其二為後勤監督，例如：偏遠地區的橋梁會根據相關人員在地區的移動，調整檢測頻率的區間。

除了水下檢測人員以外，在丹麥其他檢測人員都是由工程師負責。執行主要檢測為一般檢測人員，例行檢測則是由維護人員執行。根據丹麥的政策，有關檢測、檢測人員及檢測人員具備能力詳列在表 2.37，丹麥道路局並不會另外頒發相關檢測人員證明。其他特別的檢測人員，如：水下檢測人員、橋梁載重評估人員等，應提出相關經驗的證明，如表 2.38 所示。

表 2.37 檢測人員標準

相關人員	教育背景
橋梁單位管理人	工程學士
橋梁檢測人員	工程學士
水下檢測人員	相關經驗工作人員
橋梁載重評估人員	工程學士、有橋梁評估經驗的資深工程師
橋梁數據專家或軟體專家	工程學士

表 2.38 檢測人員訓練資格

相關人員	訓練內容
橋梁單位管理人	沒有必須接受的訓練。
橋梁檢測人員	每年兩天的訓練，訓練內容包含檢測領域、狀態評估及維修成本預估。
水下檢測人員	檢閱組員簡歷。
橋梁載重評估人員	檢閱工作人員簡歷及顧問公司的內部 QC。
橋梁數據專家或軟體專家	沒有必須接受的訓練，但須具有數據及資訊軟體相關專業知識背景。

此外，丹麥道路局有嚴格要求檢測人員的相關經歷，如表 2.39 所示，且橋梁檢測人員及水下檢測人員須具有良好的身體狀態、視力及辨色能力。

表 2.39 檢測人員的經驗標準

相關人員	橋梁檢測(年)	橋梁維護(年)	橋梁設計(年)
橋梁單位管理人	2	2	2
橋梁檢測人員	2	2	1
水下檢測人員	-	-	-
橋梁載重評估人員	1	1	1
橋梁數據專家或軟體專家	5	5	2

丹麥道路局規定，橋梁檢測須評估以下 13 項構件的狀態：(1)橋梁整體、(2)翼牆、(3)邊坡、(4)橋台、(5)中間支承、(6)支承、(7)承載結構、(8)防水、(9)邊梁、(10)安全柵欄/欄杆、(11)鋪面、(12)伸縮縫及(13)其他構件。評估指標面相包含損傷(3 分)、功能(1 分)及重要性(1 分)，各項評分等級皆分為 0 到 5，由 0 表示“無損傷”而 5 表示“構件無法運作”，如表 2.40 所示。

表 2.40 丹麥橋梁狀態評分系統

等級	說明
0	輕微惡化、輕微或無損傷。 構件狀態相當於全新的構件。
1	輕度惡化、發展較慢的損傷。 不需要維修，但狀態比全新構件略差。
2	損傷仍於早期階段，或有一點發展完全的損傷。 若時間許可應進行維修，否則若干年後構件功能恐怕無法運作。
3	損傷已發展至一定的階段或仍在惡化，恐怕短時間內構件會無法運作。 有必要一至兩年內進行維修。
4	構件已經嚴重損傷，其功能很快就會失效。 有必要盡速維修。
5	構件已經完全損壞，且無法運作。 有必要立即維修。

## 2.2.8 瑞典橋梁檢測評估準則

瑞典道路管理局(Swedish Road Administration, SRA)只有建立橋梁設計、施工、檢測的指南與手冊，並沒有訂定橋梁檢測相關的國家規範，但近期內可能會有相關發展。SRA 執行的工作包含策略管理、專案規劃、橋梁工事的詳細計畫、橋梁工事的採購以及監督承包商。SRA 大約執行了一半的橋梁檢測，而剩下的一半則是由顧問公司執行。

SRA 提出四個等級的橋梁檢測，包括定期檢測、簡易檢測、一般檢測及進階檢測，詳如表 2.41。所有執行一般及進階檢測的人員，皆須具有工程學位及橋梁設計和施工的經驗，並完成由 SRA 設計的一週訓練課程。這些檢測人員必須具備橋梁類型、設計規範、損傷型態及可能發展等專業知識，且水下檢測或操作其他特殊機具的檢測人員須擁有其他相關認證，才得以執行檢測。

表 2.41 瑞典的橋梁檢測類型

檢測類型	說明	頻率	檢測人員
定期	快速檢視最新狀態	頻繁	維護廠商
簡易	確認有達到維護需求	12 個月	維護廠商
一般	更新前次進階檢測出的損傷狀態構件的目視檢測	3 年	SRA 員工或顧問公司
進階	所有構件的近距離目視檢測 包含水下檢測 維護的基本建議	6 年	SRA 員工或顧問公司
特別	損傷機制的詳細調查 可能包含其他檢測方式	必要時	顧問公司

SRA 主要會從一般檢測、進階檢測和特別檢測蒐集橋梁構件狀態的數據，由於特別檢測會根據定期檢測的結果實施，所以嚴格說起來，重要損傷狀態的數據是來自於特別檢測而非定期檢測，至於簡易檢測只有由維護人員以維護需求指標記錄狀態而已。橋梁的損傷會以物理性、功能性及經濟性三大面相記錄。物理性是指合適的物理性質測定，包含損傷類型、結構型式、材料等，功能性則是以 0~3 評分橋梁構件尚能運作多久時間，若評分為 3 代表處於最嚴重的狀態，如表 2.42 所示。經濟性則是以成本表示，由損傷數量與平均每單位維修成本相乘，但這並不能代表實際維修的成本，只能呈現出越大的成本值代表損傷越嚴重的結果。

表 2.42 SRA 的橋梁評估系統

評分	物理性狀態	功能性狀態
3	需要緊急維修	已經損害到功能
2	3 年內需要維修	3 年內會損害到功能
1	10 年內維修	10 年內會損害到功能
0	10 年以上維修	10 年以上才會損害到功能

## 2.2.9 芬蘭橋梁檢測評估準則

芬蘭道路局(Finnish Road Administration, Finnra) 建立橋梁的國家標準，提供專業指引手冊給各個地方道路單位。Finnra 提供的文件包含橋梁維護、修復、修補運作的指引和策略，還有橋梁檢測指引、橋梁檢測手冊及橋梁維修手冊。其中，訂定了七種橋梁檢測類型如表 2.43。

表 2.43 芬蘭的橋梁檢測類型

檢測類型	說明	頻率	檢測人員
驗收檢測	所有構件的近距離檢測 大型橋梁的第一級一般檢測	完工或維修後	地區橋梁工程師
每年道路檢測	安全性的簡易檢測	1 年	工頭或維修顧問
一般檢測	所有構件的近距離檢測	4 至 8 年 (一般 5 年)	經過認證的橋梁檢測人員
	所有構件的近距離檢測，必要時使用非破壞性檢測	大型跨水橋 8 年	經過認證且具備工程學位的檢測人員
基本檢測	所有構件的檢測，包含材料採樣及試驗以預測破壞模型	5 年	經過認證且具備工程學位的檢測人員
特別檢測	根據專案需求改變檢測方式	規劃或發展維修專案時	經過認證且具備工程學位的檢測人員
	移動式機械檢測	1 年	專家
	高空懸吊檢測	15 年	經過認證且具備工程學位的檢測人員
水下檢測	潛水的目視及觸診檢測	5 年	經過認證且具備工程學位的檢測人員
加強檢測	高頻率檢測	根據惡化的情況	

有關相關人員的資格，Finnra 規定執行基本檢測的人員必須是工程師，並具備混凝土結構的認證，而其他檢測人員不要求具備工程師身分，但必須獲得檢測人員的認證。Finnra 的檢測人員認證必須接受四天的理論課程及兩天的現地實習，訓練課程中也包含筆試及實際操作測試。

Finnra 的橋梁狀態評估系統分為四大範疇：對負載的重要性(Weight, W)、結構構件的狀態(Condition, C)、維修的急迫性(Urgency, U)以及損傷的嚴重性(Damage Severity, D)，評分方式可參考表 2.44~2.46。

表 2.44 Finnish 構件狀態評分(C)

狀態區分	獲得分數(C)
0-全新或幾乎全新	1
1-良好	2
2-尚可	4
3-差	7
4-極差	11

表 2.45 Finnish 維修急迫性評分(U)

狀態區分	獲得分數(U)
11-兩年內維修	10
12-四年內維修	5
13-將來再維修	1

表 2.46 Finnish 損傷嚴重性評分(D)

狀態區分	獲得分數(D)
1-輕度	1
2-中度	2
3-重度	4
4-極為嚴重	7

### 2.2.10 德國橋梁檢測評估準則

德國橋梁檢測分為兩個層級：主要檢測以及次要檢測。主要檢測為所有構件的近距離檢測，而次要檢測則是根據前一次的主要檢測結果，於主要檢測後三年針對已知的損傷及缺陷進行檢測，如表 2.47 所示。

表 2.47 德國的橋梁檢測體系

檢測類型	說明	頻率	檢測人員
主要檢測	所有構件的近距離檢測，包含利用機具接觸橋梁及水下檢測。	6 年	橋梁檢測人員
驗收	主要檢測	新建完工或大規模整修後	
保證	主要檢測	保固期結束前	
次要檢測	檢視已知損傷的目前狀態。	主要檢測後 3 年	橋梁檢測人員
簡易	安全的簡易檢測	3 個月	道路維護小組
特別	天災發生後(如：暴風雨、洪水等)或針對已知損傷	-	視情況而定
系統	電子或機械系統的檢測	規範要求	

德國的橋梁檢測人員須接受過正式的土木工程教育，並完成國家級訓練課程，訓練課程包含所有檢測的範疇及內容。橋梁檢測人員及檢測小組組長也必須具備五年以上有關橋梁設計、施工或維護的經驗。此外，體能需求也是重要的能力要求，檢測人員必須能行動、攀爬及完成各類型檢測所要求的活動，且不能有辨色能力及聽力障礙。

德國的橋梁評分範圍由 0(良好)至 3(極差)，且所有的構件必須評估三大指標：結構損傷、交通安全及橋梁耐久性，詳細內容可參考表 2.48~2.50。三大指標評估的分數輸入橋梁管理系統後，經過系統自動計算，可得到各個橋梁構件的總評分，再以表 2.51 的總評分區分，得以了解橋梁構件的綜合狀態。

表 2.48 結構損傷的評分標準

評分	說明
0	損傷對構件或結構強度沒有任何影響。
1	損傷對構件強度有影響，但對結構強度沒有任何影響。 構件及結構有足夠的強度，按照例行維護執行維修即可。
2	損傷對構件強度有影響，且對結構強度也有輕微的影響。 結構有足夠的強度，但有必要維修。
3	損傷對構件及結構強度有影響。 結構沒有足夠的強度。 有必要分散載重。 要求管制未必適當或沒有效率。 有必要維修。
4	結構構件已經失去結構強度。 結構沒有足夠的強度。 有必要立即管制。 有必要維修或修復。

表 2.49 交通安全的評分標準

評分	說明
0	損傷對交通安全沒有任何影響。
1	損傷對交通安全有輕微影響。 按照例行維護執行維修即可。
2	損傷對交通安全有輕微影響。 有必要維修或是設立警告標示。
3	損傷對交通安全有影響。 有必要維修或是立即設立警告標示。
4	損傷對交通安全有嚴重影響。 有必要立即管制。 有必要維修或修復。

表 2.50 橋梁耐久性的評分標準

評分	說明
0	損傷對構件或結構耐久性沒有任何影響。
1	損傷對構件耐久性有影響，但對結構耐久性沒有任何影響。 預期對其他構件的耐久性或損傷沒有影響。 按照例行維護執行維修即可。
2	損傷對構件耐久性有影響，且可能對結構耐久性也有影響。 預期對其他構件的耐久性或損傷可能有影響。 有必要維修。
3	損傷對構件及結構耐久性有影響。 預期對其他構件的耐久性或損傷有影響。 有必要維修。
4	構件及結構已經失去耐久性。 對其他構件的耐久性有影響。 有必要維修或修復。

表 2.51 構件的綜合評估

等級區分	說明
1.0~1.4	結構狀態非常良好。 交通安全及結構耐久性都穩定。
1.5~1.9	結構狀態良好，但長期耐久性可能些微下降。 持續進行一般維護。
2.0~2.4	結構狀態尚可，但長期耐久性可能些微下降。 持續進行一般維護並考量維修計畫。
2.5~2.9	結構狀態不大好。 交通安全可能受到影響。 結構耐久性不足。 持續進行一般維護並考量維修計畫。 可能需要執行交通管制。
3.0~3.4	結構狀態差。 交通安全受到影響。 結構沒有耐久性。 需要緊急維修。 需要執行交通或載重管制。
3.5~4.0	結構狀態極差。 交通不安全。 結構沒有耐久性。 需要緊急維修或修復。 需要執行交通或載重管制。

## 2.2.11 挪威橋梁檢測評估準則

挪威的公共道路局確立三階層及七種檢測類型，如表 2.52 所示。

表 2.52 挪威的檢測體系

階級	類型	說明
初期	驗收檢測	新建完工或大規模維修計畫後執行。 標記缺陷和損傷。 識別對維護相當重要的損傷類型。
	保固檢測	保固期結束前實施。 確認維修符合驗收檢測需求。 標記額外的缺陷和損傷。 識別額外對維護相當重要的損傷類型。
例行	一般檢測	檢視是否有任何嚴重損傷影響載重能力、交通安全、維修或環境。
	主要檢測	檢測所有構件。 決定是否需要維護或維修。 維護或維修的成本估計。 必要實執行測量或材料取樣。
	主要檢測-纜線	檢測纜線等特殊部位。 檢視纜線系統的功能。 決定維護需求和成本。
	主要檢測-水下	潛水檢測。 檢測水下的構件。 檢測河床。 決定維護需求和成本。
附加	特殊檢測	多種目的： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 調查已知損傷</li> <li>• 維修/修復計畫發展</li> <li>• 重大事件後檢視</li> <li>• 類似橋梁發生問題後檢視</li> </ul>

挪威的橋梁狀態評估是建立在橋梁構件的基礎上，橋梁構件被細分為施工縫、支承、排水系統、鋪面、墩柱、橋台等，其損傷程度是根據損傷/缺陷強度去評估，表 2.53 顯示各個損傷程度的代碼，表 2.54 則列出損傷/缺陷的代碼。

表 2.53 損傷程度的代碼

代碼	說明
1	輕微損傷/缺陷，不需要任何執行對策。
2	中度損傷/缺陷，4~10 年內需要執行對策。
3	嚴重損傷/缺陷，1~3 年內需要執行對策。
4	極為嚴重的損傷/缺陷，需要立即執行對策或半年內執行對策。
9	無法檢測

表 2.54 損傷/缺陷的代碼

代碼	說明
B	損傷/缺陷威脅到載重能力。
T	損傷/缺陷威脅到交通安全。
V	損傷/缺陷可能增加維護成本。
M	損傷/缺陷可能影響到環境。

## 2.2.12 法國橋梁檢測評估準則

法國有四種例行檢測：例行探視、每年檢測、IQOA 評估及詳細檢測，如表 2.55 所示。

表 2.55 法國橋梁檢測體系

檢測類型	說明	頻率	檢測人員
例行探視	開車巡視。	頻繁	道路維護機關
每年檢測	探視橋梁時執行的粗略檢測。	1 年	道路維護機關
IQOA 評估	針對已知損傷，近距目視檢測。	3 年	檢測機關，有時包含認證檢測人員
詳細檢測	堅固的橋梁：近距目視檢測所有構件，並記錄所有的損傷。	9 年	認證檢測人員
	一般橋梁：近距目視檢測所有構件，並記錄所有的損傷。	6 年	認證檢測人員
	不健全的橋梁：近距目視檢測所有構件，並記錄所有的損傷。	3 年	認證檢測人員
	非常不健全的橋梁：近距目視檢測所有構件，並記錄所有的損傷。	1 年	認證檢測人員
水下檢測	潛水執行近距觸診及目視檢測。	6 年	認證檢測人員

法國政府部門有管理者負責橋梁檢測工作，包含規劃檢測、指派工作至各單位小組及尋求顧問等等。各個檢測小組包含的成員有組長、橋梁檢測員及顧問指派的檢測單位。除此之外，有橋梁評估專家決定 IQOA 的橋梁分類，且由橋梁數據專家操作橋梁管理系統，而水下檢測的潛水夫則由國家政府和指派的地區研究單位雇用。

法國的橋梁評估系統以 1~3 分級，其中第 2 級及第 3 級又根據維護急迫性細分，特別分級(S)則是用於標記會影響使用者安全的損傷，詳細內容請參閱表 2.56。

表 2.56 法國評分系統

狀態評分	定義	急迫性
1	橋梁結構處於良好的狀態。	-
2	良好狀態或輕微損傷，有必要維護。	不急
2E	輕微損傷有必要及時維護，預防結構損傷惡化。	急迫
3	結構受損，有必要維修。	不急
3U	損傷有必要立即維修。	急迫
NE	沒有評估。	-
S	會危害到使用者安全的狀態。	急迫

## 2.3 小結

本章回顧美國及我國橋梁管理之發展過程，橋梁檢測制度及相關規範之建立與修訂，多與橋梁斷裂或坍塌有關，橋梁斷裂不僅造成交通癱瘓，往往也造成重大之人員傷亡，也因而促使政府及相關單位重視橋梁之安全問題，從橋梁老舊引起之劣化，到河床沖刷造成橋梁傾倒，政府在確保橋梁安全的觀念不斷提升，也直接地反映在相關規範的修訂以及管理作為上。

綜合各個國家的橋梁檢測體系來看，檢測類型可區分為例行性檢測(具有特定週期)與特別檢測(不規律)，特別檢測包含初期檢測、災後檢測、破壞性檢測與非破壞檢測等，表 2.54 整理研究團隊所蒐集到各國之例行性檢測週期比較，由表中可知大部份國家較為詳細之檢測週期為 3 年到 6 年，臺灣以 2 年為週期是參考美國之規範，然而臺灣因每年汛期造成河床沖刷之故，部份機關將檢測週期縮短至 1 年甚至半年，但規範並未針對半年檢或 1 年檢另立檢測法，造成部份機關檢測作業上之壓力。

表 2.57 各個國家的檢測類型及檢測頻率比較

檢測週期	美國	英國	南非	丹麥	瑞典	芬蘭	德國	挪威	法國	日本	中國	臺灣	
1 個月								資訊 不足			經常	巡查	
3 個月							簡易						
半年													定期***
1 年			監測	例行	簡易	年檢			年檢& 詳細**	基本			定期***
2 年	定期	一般											定期***
3 年					一般		次要		IQOA &詳細**			定期	
4 年						一般							
5 年	水下		基本			基本& 水下					詳細		
6 年		主要		主要	進階		主要		水下& 詳細**				
8 年						一般*							
9 年									詳細**				
15 年						懸吊							
*針對大型跨水橋													
**非常不健全的橋 1 年 1 次、不健全的橋 3 年 1 次、一般橋 6 年 1 次、堅固的橋 9 年 1 次													
***高公局橋梁半年 1 次、公路總局跨河橋半年 1 次、公路總局非跨河橋 1 年 1 次、縣市政府 2 年 1 次													

另外，由表 2.58 比較各國家對檢測人員的要求及標準，一般要求條件包含：獲得認證、實務經驗、相關專業的背景或學位、接受政府的訓練課程及由工程師擔任管理者或執行高階檢測。根據比較結果可發現，各個國家其實要求的條件都不少、標準也不低，部分條件較少的國家，如日本則是因為條件訂定的沒有很明確，但通常會以經驗或認證補足，且許多國家都會要求由具備設計施工經驗的工程師擔任管理者，代領檢測團隊。

表 2.58 各個國家的檢測類型及檢測人員比較

資格要求	臺灣	美國	英國	南非	丹麥	瑞典	芬蘭	德國	挪威	法國	日本	中國
認證	✓	✓	資訊 稍嫌 不足			✓	✓		✓	✓		資訊 不足
經驗(年)	✓	✓		✓	✓	✓		✓			✓	
學位	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
訓練	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			
工程師				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

全橋定期的目視檢測，對橋梁管理而言是必須且重要之工作，從針對各別構件(或部件，如橋墩柱)的損傷評估，到檢測項目(或整體構件，如下部結構)的損傷評估，在評量分級上，大致上可分為四個等級，即良好、尚可、差及非常嚴重，美國雖在構件(橋面板、上部結構及下部結構)評分標準中給了 0~9 共九個等級，但在元件(大梁、橋墩等)的評分上同樣分為四個等級。我國之 DER&U 目視檢測評估法針對構件劣化評估，同樣分為四個等級，更在損傷評估之外，增加了劣化範圍、重要性及維修急迫性共三個評估面向，對於橋梁實際狀況之判讀上應更為準確，美國及中國之評估法雖未若 DER&U 有四個面向的量化數值，但在重要性與維修急迫性的判斷，事實上是隱含在損傷評估之中的，由檢測人員綜合判斷橋梁狀況之後再進行評等。而日本的評估方式，屬於單一面向的評估，但採用不同階段，首先評估劣化程度，再根據劣化程度評估採取對策方式或是重要構件的健全度，最後再進一步診斷構件及橋梁整體的健全度，判斷是否為健全或進入採取早期/緊急措施的階段，而在最新版之「保全點檢要領 構造物篇」構件之個別判定中除了針對結構劣化進行判定外，增加了「針對第三者受害判定」(即 E)，此概念類似 DER&U 中之 R 值，健全性診斷則類似 U 值之作用，與橋梁之為修與養護時機有關。



### 第三章 我國橋梁相關檢測規範發展趨勢

民國 84 年，交通部擬定橋梁維護與管理之短、中、長期做法，長期工作項目包括建立橋梁管理系統、定期進行橋梁普查、檢討修訂橋梁作業規範、持續研發推廣橋梁工程之新工法、新材料及檢測補強技術等。同年，國立中央大學橋梁工程研究中心，開辦第一期橋梁檢測維修訓練班，內容包含橋梁目視檢測、非破壞性檢測、橋梁養護維修要領等，並有現地檢測實習。自此，國內橋梁檢測開始有專門且系統性的課程、講義、手冊以及規範。

#### 3.1 橋梁檢測維修訓練班講義(民國 84 年)

民國 84 年 5 月，由國立中央大學橋梁工程研究中心主辦，公共工程督導會報(現為行政院公共工程委員會)、交通部科技顧問室、臺灣省公路局(現為交通部公路總局，以下簡稱公路總局)、國道高速公路局(以下簡稱高公局)、臺灣省住宅及都市發展局(現為內政部營建署城鄉發展分署，以下簡稱住都局)、臺灣鐵路管理局(以下簡稱鐵路局)及昭凌工程顧問公司協辦，開辦第一期橋梁檢測維修訓練班。

訓練班講義中包含橋梁結構損壞模式、橋梁檢測方法、橋梁養護維修要領、介、非破壞檢測以及橋梁管理系統。在橋梁檢測方法中介紹了 DER&U 檢測法，及其 21 項檢測項目(同表 2.8 所示)，但並未針對各檢測項目以表列方式提供常見劣化不同程度 D、E、R 及 U 值之定性或定量評估準則，僅以四個範例說明其 D、E、R 值應如何判定，其中一例提到橋墩最大彎矩處發生裂縫，即橋墩下端發生數道裂縫，就損壞程度來看，若裂縫寬度為 0.2mm 則 D 值為 3，若裂縫寬度為 0.5mm 則 D 值為 4；就範圍來看，因裂縫集中在橋墩下端，因此 E 值為 1；就橋梁安全性及服務品質而言，因屬結構性裂縫，若裂縫寬度為 0.2mm 則 R 值為 3，若裂縫寬度為 0.5mm 則 R 值為 4。

#### 3.2 公路橋梁一般目視檢測手冊(民國 85 年)

民國 85 年，由高公局委託昭凌工程顧問公司編撰「公路橋梁一般目視檢測手冊」，其內容包含橋梁檢測基本原則、DER 評估準則、劣化程度與整體結構安全性與結構性評估、一般目視檢測項目、各跨結構桿件評估，以及鋼橋之檢測。在 DER 評估準則部份，詳述了 D、E、R、U 值之意義，檢測的 21 項檢測項目(同表 2.8 所示)及評分原則(同表 2.9 所示)，檢測表格採用矩陣式的填列方式，如附冊四所示。在劣化評等說明部份，提供了 12 個範例，說明在何種情境下 D、E、R、U 值分別應評為多少；另外，在劣化程度與整體結構安全性與結構性評估部份，以表格方式詳列了各構件常見之劣化現象、不同劣化程度之描述及所對應之 D 值，針對劣化現象對整體結構安全性與服務性評估(即 R 值)、修復方法和修復急迫性(即 U 值)，手冊也提供相關的表格，如附冊五所示。

#### 3.3 混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊(民國 85 年)

民國 85 年，住都局委託中華顧問工程司辦理「臺灣省市區橋梁檢測、評估系統工作計畫第一期作業」，並配合臺灣省市區道路管理自治條例第三章第十八

條之規定，編定混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊。該本手冊共分為兩大部份，其一為一般檢測手冊，採用目視檢測，其二為特殊檢測手冊，詳述各類破壞性及非破壞性檢測技術之適用範圍、檢測原理、檢測方法及判定標準。

在一般檢測手冊中，將橋梁分為 A~H 共 8 類構件，如表 3.1 所示。並且將橋梁檢測分為日常檢查、定期檢查及臨時檢查，其檢測頻率及應檢查構件如表 3.2 所示。各類檢查之劣化評估等級由 A~D 共分為 4 等，再加上 N 及 OK，因此稱為 ABCDN 評估法，各等級之描述請詳表 3.3。

表 3.1 橋梁結構物分類及檢查對象表

檢查之結構分類	檢查對象
A.橋面版構件	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.橋面版結構 2.主構件 3.副構件
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、沉積 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.防止落牆措施
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

表 3.2 檢查種類及檢查頻率表

檢查之結構分類	日常檢查	日常檢查頻率	定期檢查	定期檢查頻率	臨時檢查
A.橋面版構件	✓	1 次/1~4 週	✓	1 次/半年	災害發生或必要時
B.上部結構			✓		
C.橋墩			✓		
D.基礎及土壤			✓		
E.橋台及引道			✓		
F.支承			✓		
G.伸縮縫	✓	1 次/1~4 週	✓		
H.其他附屬設施	✓	1 次/1~4 週	✓		

表 3.3 ABCDN 檢測法評估準則

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，功能可能降低必需加以補修。
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，必須採取緊急補修。
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。

ABCDN 評估法在檢測表之設計上，是以檢核單(Checklist)形式供檢測人員填寫，定期檢查表中會詳列各構件之檢查項目，即該構件可能發生之劣化，請詳附冊六，以橋墩為例，每一墩均須填寫一張檢測表，因此每次檢測需要攜帶的空白表格量相當大，在現場填寫檢測表亦相當耗時，同時在瀏覽檢測紀錄時，也很難一目即知橋梁之狀況。在一般檢測手冊中對於結構物劣化之判定標準有詳細的描述，以圖說及表格方式呈現，如附冊七所示。

### 3.4 混凝土橋梁檢測手冊(民國 86 年)

民國 86 年，公路總局委託國立中央大學橋梁工程研究中心針對全省 62 座橋梁進行一般目視檢測，並召集學者編寫相關手冊，其中包括「混凝土橋梁檢測手冊」，內容為一檢測評估技術、非破壞性檢測介紹以及橋梁綜合評估方法。該手冊中一般目視檢測所採用之方法為 DER&U 目視檢測評估法，與 3.2 節高公局之公路橋梁一般目視檢測手冊相近，但增加了各類非破壞性檢測法之介紹。

「混凝土橋梁檢測手冊」中詳述了 D、E、R、U 值之意義，檢測的 21 項檢測項目(同表 2.8 所示)及評分原則(同表 2.9 所示)，其內容與高公局之「公路橋梁一般目視檢測手冊」雷同，檢測表格同樣採用矩陣式的填列方式，而針對常見之劣化現象不同程度描述之 D 值、針對劣化現象對整體結構安全性與服務性評估之 R 值和修復急迫性之 U 值，「混凝土橋梁檢測手冊」所提供之評估準則表格也與「公路橋梁一般目視檢測手冊」相同，可參考附冊四及附冊五。

### 3.5 1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範(民國 86 年)

民國 86 年，交通部委託財團法人中華顧問工程司，邀請對鐵路 1067 公厘軌距軌道橋隧設計、施工及檢查養護等具專長之學者與專家組成審查小組，進行規範修訂及草案之審查，並於民國 86 年 12 月頒布「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」。該規範之第四章為橋隧檢查，明定「橋梁檢查應每年定期就全線所有橋梁檢查一次，但遇有必要時得僅就特定橋梁施行之。」規範中並未提及所使用之檢測法，以及劣化之評等方式，僅說明橋梁之檢查項目為下列 10 項：

- (一) 合於規定之最重機車通過橋樑時，應測量橋梁中心部分之撓度。
- (二) 列車通過橋梁時，應檢查主梁各部結構物有無激烈震動、彎曲動搖或發生雜音。
- (三) 檢查各部結構物有無腐蝕朽損、裂痕、彎曲及磨耗等異狀。
- (四) 鉚釘螺栓有無鬆弛、脫落、磨耗、折斷及焊接部分有無密切焊接、銹蝕、裂紋或其他異狀。
- (五) 雨水或列車上之拋棄物，對於橋材有無污損及橋材油漆有無剝落及生銹。
- (六) 橋台之胸壁與梁端之距離是否合於規定。橋台與橋墩是否呈現變形。台身、墩身及床石，有無裂縫及發生危險之虞。橋台、橋墩是否清掃。
- (七) 橋梁基礎及河床之工程是否發生異狀、破損及下沉。基礎附近之河床地盤是否已被沖刷。
- (八) 暗橋之拱蓋板、側壁，有無裂縫、下沉及其他異狀。
- (九) 翼牆是否呈現龜裂、破損、下沉、傾斜及突出等異狀。
- (十) 其他情形。

### 3.6 橋梁維修手冊、橋梁維修材料說明書(民國 88 年)

民國 88 年，鐵路局編撰了「橋梁維修手冊、橋梁維修材料說明書」，其中提到「鐵路橋隧檢查作業要點」，明定橋梁檢查分為平時檢查、定期檢查、定期複檢及委託安全檢測四種，由於手冊中採分項條列各種檢查之相關內容，為方便比較，本研究將四種檢測作業整理成表 3.4 之格式。

表 3.4 鐵路橋梁檢查類別

檢查類別	平時檢查	定期檢查	定期複檢	委託安全檢測
檢查成員	由轄區工務段或工務分駐所派員	由轄區之工務段負責，指定主辦工程司、轄區監工、班長等組成檢查小組	由橋隧課人員，並請工務段施工股、轄區道班等派員組成	委託技術顧問機構辦理
檢查時間	至少每月乙次，颱風豪雨期間視需要機動加強巡查	每年十月~十二月間	每年一月~二月間	於定期複檢結果，對於橋梁判定為 A 級時視需要辦理
檢查方式	步行目視檢查	步行目視檢查	對於工務段檢查結果，經判定為 A 級需維修者，以步行目視辦理，或乘電搖車至複檢地點下車執行目視檢查	依實際需要選擇檢測項目，主要項目為： 1. 混凝土抗壓強度 2. 混凝土中性化 3. 混凝土氯離子含量 4. 混凝土裂縫 5. 鋼筋保護層厚度 6. 鋼筋腐蝕程度
檢查結果	填列於一般檢查紀錄簿	填列檢查結果分項評分表	依工務段之檢查報告及複檢判定等級決定維修方式，並按優先順序提列年度維修經費	依據安全檢測結果，做適當之維修補強設計

「鐵路橋隧檢查作業要點」中對於橋梁之狀態會進行健全度判定，判定標準如表 3.5 所示。

表 3.5 鐵路橋梁健全度判定標準表

判定區分	列車行車運轉、旅客公眾安全	對結構損害的程度	處置對策
AA	危險	與結構功能有關的重大缺陷	停止使用，立即置換補強
A1	1. 遲早會危及安全性 2. 突發外力作用時會有危險行車(洪水、地震)	缺陷持續惡化 結構功能有持續降低	緊急處置
A2	未來會受威脅	缺陷持續惡化 結構功能有持續降低的疑慮	必要時需處置
B	將來可能成為 Rank A 之情形	將來可能成為 Rank A 之情形	持續監測(必要時需處置)
C	對現況無影響	輕微	重點位置檢查
S	沒有影響	沒有	無

### 3.7 橋梁檢查及評估手冊(民國 88 年)

民國 88 年，鐵路局編撰了「橋梁檢查及評估手冊」，適用於與鐵路有關的鋼結構物、鋼筋混凝土結構物及基礎結構物之養護、管理業務，明定橋梁檢查分為一般檢查及特殊檢查，一般檢查又分為定期檢查與不定期檢查，由於手冊中採分項條列各種檢查之相關內容，為方便比較，本研究將兩種檢測作業整理成表 3.6 之格式。

「橋梁檢查及評估手冊」在檢測表之設計上，是以檢核單(Checklist)形式供檢測人員填寫，定期檢查表中會詳列各構件之檢查項目，即該構件可能發生之劣化，請詳附冊八，因此每次檢測需要攜帶的空白表格量相當大，在現場填寫檢測表亦相當耗時，同時在瀏覽檢測紀錄時，也很難一目即知橋梁之狀況。與 3.6 節之「橋梁維修手冊、橋梁維修材料說明書」相同，對於橋梁之狀態會進行健全度判定，判定標準同表 3.5，但增列了一般檢查判定基準，對於結構物劣化之判定標準有詳細的描述，以圖說及表格方式呈現，如附冊九所示。

表 3.6 鐵路橋梁檢查類別

檢查類別	一般檢查		特殊檢查
	定期檢查	不定期檢查	
檢查成員	工務段。	工務段。	專業之技術顧問。
檢查時間	以不超過兩年一次為原則。	地震、洪水等災害過後。	當一般檢查結果，發現結構物判定為 A 及時，進行再檢查。
檢查方式	徒步目視檢查，對於判定困難的位置，有必要以各種安全方式接近觀察。	徒步目視檢查，對於判定困難的位置，有必要以各種安全方式接近觀察。	以適當儀器進行精密專門之檢查。
檢查結果	填寫於一般檢查分項評估表。 針對判定為不健全之結構物進行各種必要之處置。	填寫於一般檢查分項評估表。 針對判定為不健全之結構物進行各種必要之處置。	針對判定為不健全之結構物進行各種必要之處置。

### 3.8 公路養護手冊(民國 92 年)

民國 92 年 3 月，交通部頒布新版之「公路養護手冊」，其中第五章為橋梁，明定橋梁檢測分為經常巡查、定期檢測及特別檢測，由於手冊中採分項條列方式說明此三類檢測，本研究將此三類檢測整理成表 3.7 之格式。

「公路養護手冊」中明確提到「橋梁檢測結果採用 DER&U 方式評定之，本評估方法具有(1)簡化檢測工作(2)強調缺陷對橋梁整體重要性之影響(3)簡化電腦資料輸入等優點。」有關橋梁檢測項目之評定標準則如表 2.9 所示，所使用之定期檢測表與高公局之「公路橋梁一般目視檢測手冊」雷同，請見附冊十。

表 3.7 公路橋梁檢測類別

檢測類別	經常巡查	定期檢測	特別檢測
檢測定義	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。	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。	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。
檢測方式	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。	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。 橋梁檢測結果採用 DERU 方式評定。	使用特別檢測表，以目視方式快速對橋梁進行損傷評估，並判斷是否能正常通行。
檢測頻率	高速公路每日巡查至少一次，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。隧道檢查：以目測為主，每月一次。	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、 $\pi$ 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。	必要時。

### 3.9 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範(民國 97 年)

民國 97 年 12 月，交通部頒布「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，此為交通部首次針對橋梁，且僅鎖定鋼橋所制定之規範，使工程人員在從事現場檢測及維修補強工作時，有較為客觀之標準可資依循。該規範之檢測部分係以交通部 92 年頒布之「公路養護手冊」、住都局之「混凝土、鋼橋一般檢測手冊」、「混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊」及高公局之「公路橋梁一般目視檢測手冊」為藍本，並配合我國橋梁管理資訊系統訂定之。

規範中之檢測評估作業以高公局「公路橋梁一般目視檢測手冊」的 DER&U 目視檢測評估法為基本架構，判定標準則採住都局「混凝土、鋼橋一般檢測手冊」的 ABCDN 評估法之評估準則，以使現場檢測人員可具體明確了解所應檢查的項目與重點，同時對於檢測項目可做較標準化及一致性的規定，避免遺漏部分檢查項目或流於主觀意識。規範明定橋梁檢測分為經常巡查、定期檢測及特別檢測，本研究將之整理為表 3.8 之型式。

表 3.8 公路鋼結構橋梁檢測類別

檢測類別	經常巡查	定期檢測	特別檢測
檢測定義	基於維持行車安全順暢，而於平常所實施之檢查。	為掌握橋梁結構之健全度、及早發現並評估造成功能減低之損傷及其原因，而定期進行之檢測。	當重大事故或災害發生後，為了解損傷程度及防止災害擴大而實施之檢測。
檢測方式	經常巡查之檢查方法以乘車為原則，依目視及振動程度判斷，必要時，可以徒步或增加乘船或維修走道上之目視檢測。	定期檢測乃定期對橋梁實施之全面性檢測，以徒步、工作架或檢查車方式進行，並儘可能地接近結構物，以目視或必要之檢測儀器檢測判定橋梁狀況。 橋梁檢測結果採用 DERU 方式評定。	無標準之型式，故橋梁管理機關可參考定期檢測之方式，選定其必要之檢測內容及方法。
檢測頻率	一般橋梁經常巡查之頻率不得少於一個月一次。	定期檢測之頻率不得少於兩年一次，但經管理機關核准，不得超過四年。完工五年內之新建橋梁仍應辦理經常巡查，若無特殊狀況，得自完工後第五年進行第一次定期檢測。	特別檢測之檢測時機為重大事故或災害發生後。

「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」中針對橋梁定期檢測之各項構件訂了詳細的檢查表，如表 3.9 所示，表 3.9 僅節錄橋墩墩體的部份，完整之表格請參

照「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」中之表 4.2.1。表 3.9 之各別項目評定完成後，會再將結果匯整填入表 3.10 之檢測狀況評估表，此表與高公局之「公路橋梁一般目視檢測手冊」中之檢測表雷同。

表 3.9 公路鋼結構橋梁定期檢測表(橋墩)

路線：\_\_\_\_\_ 樁號：\_\_\_\_\_ 橋名：\_\_\_\_\_

橋台或橋墩號：\_\_\_\_\_

項次	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
14	橋墩墩體 (混凝土)	混凝土裂縫							
		混凝土剝落							
		混凝土蜂窩							
		混凝土空洞							
		鋼筋、鋼腱或錨定部位外露、銹蝕							
		滲水、游離石灰							
		構件彎曲、變形							
		墩柱傾斜、沉陷							
		阻水面積比與河川流向							
		其他損傷							
	橋墩墩體 (鋼結構)	構件損傷(裂縫、彎曲、變形)							
		銲接處損傷							
		螺栓損傷、欠缺及鬆動							
		生銹及腐蝕							
		油漆銹蝕							
		油漆剝落							
		油漆龜裂							
		油漆白華化							
		積水或漏水							
		墩柱傾斜、沉陷							
阻水面積比與河川流向									
其他損傷									

檢查日期：\_\_\_\_\_

檢查人員：\_\_\_\_\_



「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」中提供詳細之鋼結構物劣化程度(D值)之評估表,如表 3.11 所示,表 3.11 僅節錄上部結構、橋墩及鋼製欄杆的部份,完整之表格請參照「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」中之表 4.3.1 至表 4.3.10。由於規範所謂之鋼橋,係主構件(通常指大梁)為鋼構造之橋梁,因此橋墩及橋面板等構件材質仍有可能為混凝土,因此規範中亦提供混凝土結構物劣化程度之評估表。

表 3.11 鋼結構物劣化程度之評估

檢測項目		劣化程度	D 值	
上部結構、橋墩及鋼製欄杆	構件損傷(裂縫、彎曲、變形)	H/125 或 50mm 以下之彎曲或構件有局部之變形。	2	
		構件有裂縫,或斷面減少。	3	
		H/125 或 50mm 以上之彎曲或主構件有明顯之變形。	4	
		構件損傷持續進行,可能造成第三者之障礙。 構件之彎曲、變形超出規範之容許值。	4	
	銲接處損傷	銲接處油漆裂紋。	2	
		銲接處有損傷。	3	
		銲接處有裂縫。	4	
	螺栓損傷、欠缺、鬆動	主構件 1 個接合處未滿 5%或未滿 5 個螺栓鬆動。 次構件 1 個接合處未滿 10%或未滿 5 個螺栓鬆動。	1	
		1 個結構物未滿 10 個及 1 個接合處 1 個螺栓的損傷、欠缺。 主構件 1 個接合處未滿 20%或 10 個螺栓鬆動。 次構件 1 個接合處 10~35%間或 5~9 個之螺栓鬆動。	2	
		1 個結構物 10 個以上或 1 個接合處 2 個以上螺栓損傷、欠缺。 主構件 1 個接合處 20%以上或 10 個以上之螺栓鬆動。 次構件 1 個接合處 35%以上或 10 個以上之螺栓鬆動。	3	
		螺栓脫落或持續性脫落	4	
		生鏽或腐蝕	點狀生鏽。	1
			大範圍生鏽。	2
	點狀腐蝕。		3	
	腐蝕深度達板厚 10%以下。 腐蝕深度達板厚 10%以上。		4	
	異常聲音 異常振動	有異常之金屬吱嘎聲音發生。	2	
		主構件有搖晃之情形,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。	3	
	積水、漏水	少許積水或漏水。	1	
		顯著積水或漏水。	2	
	構件間距異常	間距不足。	2	
梁端接觸或有接觸可能。		3		
其他損傷	顯著功能阻礙。	3		

針對劣化現象對整體結構安全性與服務性評估(即 R 值)、修復方法和修復急迫性(即 U 值)，規範亦提供詳細之評估表，如表 3.12 所示，表 3.12 僅節錄主要構件的部份，完整之表格請參照「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」中之表 4.3.11。

表 3.12 鋼結構物劣化現象對橋梁安全性及服務性與維修急迫性之評估

檢測部位	項目	備註	U	R
19.主要構件 (鋼結構)	構件損傷(裂縫、彎曲、變形)	H/125 或 50mm 以下之彎曲或構件有局部之變形。	2	2
		·構件有裂縫，或斷面減少。 ·H/125 或 50mm 以上之彎曲或主構件有明顯之變形。	3	3
		·構件損傷持續進行，可能造成第三者之障礙。 ·構件之彎曲、變形超出規範之容許值。	4	4
		銲接處損傷	銲接處油漆裂紋。	2
		銲接處有損傷。	3	3
		銲接處有裂縫。	4	4
	螺栓損傷、欠缺、鬆動	1 個接合處未滿 5%或未滿 5 個螺栓鬆動。	1	1
		·1 個結構物未滿 10 個及 1 個接合處 1 個螺栓的損傷、欠缺。 ·1 個接合處未滿 20%或 10 個螺栓鬆動。	2	2
		·1 個結構物 10 個以上或 1 個接合處 2 個以上螺栓損傷、欠缺。 ·1 個接合處 20%以上或 10 個以上之螺栓鬆動。	3	3
		螺栓脫落或持續性脫落。	4	4
	生鏽或腐蝕	點狀生鏽。	1	1
		·大範圍生鏽。 ·點狀腐蝕。	2	2
		構件腐蝕達斷面厚度 10%以下。	3	3
		構件腐蝕達斷面厚度 10%以上。	4	4
	油漆鏽蝕、剝落、龜裂、膨脹、褪色	油漆表面發生褪色情形	2	1
		發生面積佔全體面積 10%~20%之間。	2	2
		發生面積佔全體面積 20%以上。	3	3
	異常聲音 異常振動	有異常之金屬吱嘎聲音發生。	2	2
		構件有搖晃之情形，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。	3	3
	積水、漏水	少許積水或漏水。	1	1
		顯著積水或漏水。	2	2
	構件間距異常	間距不足。	2	2
		梁端接觸或有接觸可能。	3	3
其他損傷	顯著功能阻礙。	3	3	

### 3.10 鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範(民國 99 年)

民國 99 年 12 月，交通部頒布「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，將鐵路橋梁之檢測方式依檢測時機分為經常巡查、定期檢測及特別檢測，如表 3.13 所示。規範中並未明確提及定期檢測所使用之方法、表格及劣化評估準則，而以附表及附圖之方式標示各構件之檢測項目及位置。

表 3.13 鐵路鋼結構橋梁檢測類別

檢測類別	經常巡查	定期檢測	特別檢測
檢測定義	基於維持行車安全順暢，而於平常所實施之檢查。	為掌握橋梁結構之健全度、及早發現並評估造成功能減低之損傷及其原因，而定期進行之檢測。	當重大事故或災害發生後，為了解損傷程度及防止災害擴大而實施之檢測。
檢測方式	經常巡查之檢查方法由目視判斷，並依經常巡查表所列項目及重點逐一檢視與記錄。	定期檢測乃定期對橋梁實施之全面性檢測，以徒步、工作架或檢查車方式進行，並儘可能地接近結構物，以目視或必要之檢測儀器檢測判定橋梁狀況。	無標準之型式，故橋梁管理機關可參考定期檢測之方式，選定其必要之檢測內容及方法。
檢測頻率	依檢測種類、橋況、橋齡、交通狀況、橋址環境及重要性等由各鐵路橋梁管理機關依其需求訂定於相關養護規定中。	依檢測種類、橋況、橋齡、交通狀況、橋址環境及重要性等由各鐵路橋梁管理機關依其需求訂定於相關養護規定中。	特別檢測之檢測時機為重大事故或災害發生後。

### 3.11 橋梁目視檢測評估手冊草案(民國 100 年)

民國 100 年，本所與國立中央大學共同合作，研訂「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」，以高速公路局民國 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、鐵路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(火車及汽機車)橋梁進行目視檢測評估時之統一標準，使橋梁管理單位之工程人員有明確之依據，提升國內橋梁目視檢測品質。

「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」係針對公路養護手冊所定之橋梁定期檢測，以及「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」之橋梁定期檢查制定檢測及評估標準，採用 DER&U 目視檢測評估法，檢測項目依橋梁類型而有所區別，車行之梁式橋之檢測項目為表 2.8 所列之 21 項，鐵路橋梁式橋之檢測構件則如表 3.14 所列之 20 項，特殊結構橋梁則會增加或替換部分檢測構件，如表 3.15 所示。各類型式橋梁之定期檢測表請詳附冊十一。

表 3.14 鐵路橋 DER&U 目視檢測法檢測項目

編號	整體檢測項目	編號	逐跨逐墩檢測項目
1	引道路堤	11	橋墩/橋基保護設施
2	河道	12	橋墩基礎
3	橋台基礎	13	橋墩墩體/帽梁
4	橋台	14	支承/支承墊
5	翼牆/擋土牆	15	防震設施
6	擋渣牆/無道渣道床	16	伸縮縫
7	橋面排水設施	17	主構件(大梁)
8	人行道板	18	副構件(橫梁)
9	欄杆及護牆	19	橋面版
10	避車台		
20	其他		

表 3.15 各類型特殊橋梁增加(替換)之檢測構件

橋梁結構型式	增加(替換)檢測構件
斜張橋、脊背橋	橋塔、鋼纜系統、錨碇裝置
拱橋	拱圈、橫桿、吊桿/立柱/拱肩牆
桁架橋	上下弦桿、豎桿、橫桿、斜桿
$\pi$ 型橋	將檢測項目「橋墩墩體/帽梁」替換成「斜撐」
註：	
1. 拱圈一般亦稱為拱梁或拱肋，橫桿亦稱為橫梁。	
2. 拱肩牆為拱圈與橋面板間，以鋼筋混凝土牆或石材建造之牆面，一般常見於上承式拱橋中，此時則無吊桿及立柱等構件。	
3. 拱橋若採用吊索構件，則鋼纜之錨碇裝置同斜張橋方式，歸類至「主構件」及「拱圈」進行評估。	

手冊對劣化程度(即 D 值)判定有詳盡說明，並分成公路橋、鐵路橋及特殊橋梁構件，就每一劣化現象的劣化程度由輕微到嚴重逐項列表說明；針對劣化現象對整體結構安全性與服務性評估(即 R 值)、修復方法和修復急迫性(即 U 值)，手冊亦提供詳盡說明，並逐項列表。有關「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」對 D、R 及 U 值之評估準則請詳附冊十二。

### 3.12 公路養護規範(民國 101 年)

民國 101 年 3 月，交通部頒布「公路養護規範」，有鑑於民國 92 年頒布之「公路養護手冊」已相對老舊，其間經歷國道順向坡滑動及莫拉克風災，為增進公路之使用安全性，實有檢討公路養護規範之必要。民國 92 年頒布之「公路養護手冊」內容，多屬執行細節規定，與規範性質不合，其應從部頒技術規範抽離。基此，交通部爰於 99 年 8 月 10 日函請規範草案之研擬單位公路總局，就原部頒技術規範「公路養護手冊」內容，提列原則性之技術性規定編訂「公路養護規範」草案，再經資深專家學者組成複審委員會詳細討論後定案。

其中第五章為橋梁，規定公路養護單位應依規定辦理橋梁巡查，並應進一步進行定期檢測及特別檢測，本研究將此三類檢測整理成表 3.16 之格式。規範中明確提到「一般橋梁之檢測結果採用 DERU 方式評定之。」有關橋梁檢測項目之評定標準則如表 2.9 所示，但規範中未訂定定期檢測之相關表格，而將檢測表格及相關之評估準則，交由公路養護管理機關依其橋梁特性於機關內之養護手冊內訂定之。

表 3.16 公路橋梁檢測類別

檢測類別	橋梁巡查	定期檢測	特別檢測
檢測定義	依養路巡查方式辦理。	為掌握橋梁結構之健全度、及早發現並評估造成功能減低或異常之損傷及其原因，而定期進行之檢測。	當重大事故或災害發生後，為了解損傷程度及防止災害擴大而實施之檢測。
檢測方式	以目力或輔以簡易器具巡查。	一般橋梁檢測結果採用 DERU 方式評定。	由公路養護管理機關依橋梁之特殊性另訂之。
檢測頻率	由各級公路養護管理機關按公路等級，於其公路養護手冊規定。	完工五年內之新建橋梁若無特殊情況，應自完工後之第六年進行第一次定期檢測，爾後定期檢測之間隔以不超過兩年為原則。	於重大事故、災害發生後或巡查發現異狀及各級公路養護單位認為必要時辦理之。

### 3.13 公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範(民國 104 年)

民國 104 年 1 月，交通部頒布「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」，規範中之檢測評估作業以高公局「公路橋梁一般目視檢測手冊」的 DER&U 目視檢測評估法為基本架構，判定標準則採住都局「混凝土、鋼橋一般檢測手冊」的 ABCDN 評估法，與日本國土交通省「橋梁定期点檢要領(案)」之損傷評估準則，將其判定構件損傷情況之標準融入 DER&U 系統，以使現場檢測人員可具體明確了解所應檢查的項目與重點，同時對於檢測項目可做較標準化及一致性的規定，避免遺漏部分檢查項目或流於主觀意識。

表 3.17 為規範對於公路鋼筋混凝土結構橋梁所定之檢測類別，與過去之檢測規範相較，新橋第一次進行定期檢測之時間由完工後第五年提前至第二年內辦理。「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中針對橋梁定期檢測之各項構件訂了詳細的檢查表，如表 3.18 所示，本節中之表 3.18 僅節錄橋墩墩體的部份，完整之表格請參照「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中之表 C3.2.1。各構件評定完成後，會再將結果匯整填入表 3.19 之檢測狀況評估表，此表相較於高公局之「公路橋梁一般目視檢測手冊」檢測表，在各構件 D、E、R 評估欄位後方增加了 U 值之評估欄位。

表 3.17 公路鋼筋混凝土結構橋梁檢測類別

檢測類別	經常巡查	定期檢測	特別檢測
檢測定義	依照公路養護規範之相關規定辦理。	為掌握橋梁結構之健全度、及早發現並評估造成功能減低之損傷及其原因，而定期進行之檢測。	當重大事故或災害發生後，為了解損傷程度及防止災害擴大而實施之檢測。
檢測方式	依照公路養護規範之相關規定辦理。	定期檢測乃定期對橋梁實施之全面性檢測，以徒步、工作架或檢查車方式進行，並儘可能地接近結構物，以目視或必要之檢測儀器檢測判定橋梁狀況。橋梁檢測結果採用 DERU 方式評定。	可參考定期檢測之方式，選定其必要之檢測內容及方法，可參酌規範所附之橋梁特別檢測評估表。
檢測頻率	依照公路養護規範之相關規定辦理。	新建橋梁應於完工使用後二年內進行第一次定期檢測，爾後定期檢測之間隔以兩年為原則，公路養護管理機關或單位得視實際狀況調整，惟不得超過四年。	於重大事故、災害發生後或巡查發現顯著異狀及公路養護管理機關或單位認為必要時辦理之。

表 3.18 公路鋼筋混凝土結構橋梁定期檢測表(橋墩)

路線：\_\_\_\_\_ 樁號：\_\_\_\_\_ 橋名：\_\_\_\_\_

橋台或橋墩號：\_\_\_\_\_

項次	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
14	橋墩墩體/帽梁	混凝土裂縫						
		混凝土剝落						
		混凝土空洞(或蜂窩)						
		鋼筋、鋼腱或錨定部位外露、銹蝕						
		滲水、白華						
		構件彎曲、變形						
		墩柱傾斜、沉陷						
		阻水面積比與河川流向 其他損傷						

檢查日期：

檢查人員：



在結構物劣化程度之評估方面，該規範提供詳細之對照表，如表 3.20 所示，本節中之表 3.20 僅列出混凝土結構物裂縫之劣化程度評估，完整之表格請參照「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中之表 C3.3.1 至表 C3.3.10。

表 3.20 混凝土結構物劣化程度之評估(裂縫)

檢查項目	劣化程度	D 值
裂縫之 1：	• 無裂縫。	1
適用於 RC 結構物及 PC 結構物	• RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，PC 結構物裂縫寬度小於 0.1mm，且間隔大於 50cm。	1
	• RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，PC 結構物裂縫寬度小於 0.1mm，且間隔小於 50cm。	2
	• RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm(未滿)，PC 結構物裂縫寬度介於 0.1 mm (含)~0.2mm(未滿)，且間隔大於 50cm。	3
	• RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm(未滿)，PC 結構物裂縫寬度介於 0.1 mm (含)~0.2mm(未滿)，且間隔小於 50cm。 • RC 結構物裂縫寬度大於 0.3 mm (含)，PC 結構物裂縫寬度大於 0.2 mm (含)，且間隔大於 50cm。	4
裂縫之 2：僅適用於 RC 橋面板	• 裂縫最大寬度 0.05 mm 以下(髮狀開裂)；裂縫主要呈單向分佈，且最小間隔約 100 cm 以上。	1
	• 裂縫寬度大多 0.1 mm 以下，部分超過 0.1 mm；裂縫間隔約 50 cm ~ 100 cm，主要呈單向分佈，其垂直向有少許裂縫，但尚未形成格子狀。	1
	• 裂縫寬度大多 0.2 mm 以下，部分超過 0.2 mm；裂縫間隔約 50 cm，即將形成格子狀。	2
	• 裂縫寬度 0.2 mm 以上，且部分有顯著的混凝土剝落情形；裂縫間隔 20 cm ~ 50 cm，形成格子狀分佈。	3
	• 裂縫寬度 0.2 mm 以上，有相當多連續且顯著的混凝土剝落情形；裂縫間隔 20 cm 以下，形成格子狀分佈。	4

針對 R 值及 U 值，規範亦提供劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響程度及構件維修急迫性之評估表，如表 3.21 所示，本節中之表 3.21 僅列出橋墩裂縫之 R 值及 U 值評估，完整之表格請參照「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中之表 C3.3.11。

表 3.21 劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響程度及構件維修急迫性之評估(橋墩裂縫)

檢測項目	劣化樣態	劣化現象	R	U
14. 橋墩墩體/帽梁	混凝土裂縫	• RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，且間隔大於 50cm。	b	1
		• RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，且間隔小於 50cm。 • RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔大於 50cm。	c	1~2
		• RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔小於 50cm。 • RC 結構物裂縫寬度大於 0.3 mm (含)，且間隔大於 50cm。	d	2~3
		• RC 結構物裂縫寬度大於 0.3mm(含)，且間隔於小 50cm。	e	3~4

表 3.21 中之 b、c、d、e 值，需再查鋼筋混凝土橋梁下部結構裂縫劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響程度表方能得知，如表 3.22 所示，而本節

中之表 3.22 僅節錄橋墩部份，完整之表格請參照「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中之表 C3.3.12 至表 C3.3.13。而不同類型之橋墩，需再參考圖 3.1 至圖 3.3 所繪之橋墩裂縫示意圖，過程相當繁瑣。

表 3.22 鋼筋混凝土橋梁下部結構裂縫劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響度程度(橋墩)

橋梁型式	損傷位置	裂縫說明	R 值			
			b	c	d	e
壁式橋墩 (C3.3.11)	墩柱	① 軀體垂直裂縫	1	2	3	4
		② 水平撓曲裂縫	2	3	4	4
		③ 斜向剪力裂縫	2	3	4	4
		④ 垂直於施工縫之裂縫	1	2	3	4
		⑤ 不規則沉陷引致之垂直裂縫	2	3	4	4
		⑥ 網狀裂縫	1	2	3	4
	帽梁	⑦ 帽梁懸臂處裂縫	1	2	3	4
		⑧ 支承附近剪力裂縫	2	3	4	4
		⑨ 止震塊或防落設施破壞	1	2	3	4
懸臂式橋墩 (C3.3.12)	墩柱	① 鋼筋量變化引致之水平裂縫	2	3	4	4
		② 環繞柱上下端部之撓曲裂縫	2	3	4	4
		③ 斜向剪力裂縫	2	3	4	4
		④ 垂直於施工縫之裂縫	1	2	3	4
		⑤ 網狀裂縫	1	2	3	4
	帽梁	⑥ 橋墩中心頂部之垂直拉力裂縫	1	2	3	4
		⑦ 懸臂頂部裂縫	2	3	4	4
		⑧ 懸臂底部裂縫	2	3	4	4
		⑨ 支承附近剪力裂縫	2	3	4	4
		⑩ 止震塊或防落設施破壞	1	2	3	4
構架式橋墩 (C3.3.13)	墩柱	① 環繞橋墩水平裂縫	2	3	4	4
		② 環繞橋墩上下端水平撓曲裂縫	2	3	4	4
		③ 斜向剪力裂縫	2	3	4	4
		④ 網狀裂縫	1	2	3	4
	帽梁	⑤ 帽梁中間垂直撓曲裂縫	2	3	4	4
		⑥ 環繞托肩之裂縫	1	2	3	4
		⑦ 帽梁頂部裂縫	2	3	4	4
		⑧ 斜向剪力裂縫	2	3	4	4
		⑨ 支承附近剪力裂縫	2	3	4	4
		⑩ 止震塊或防落設施破壞	1	2	3	4

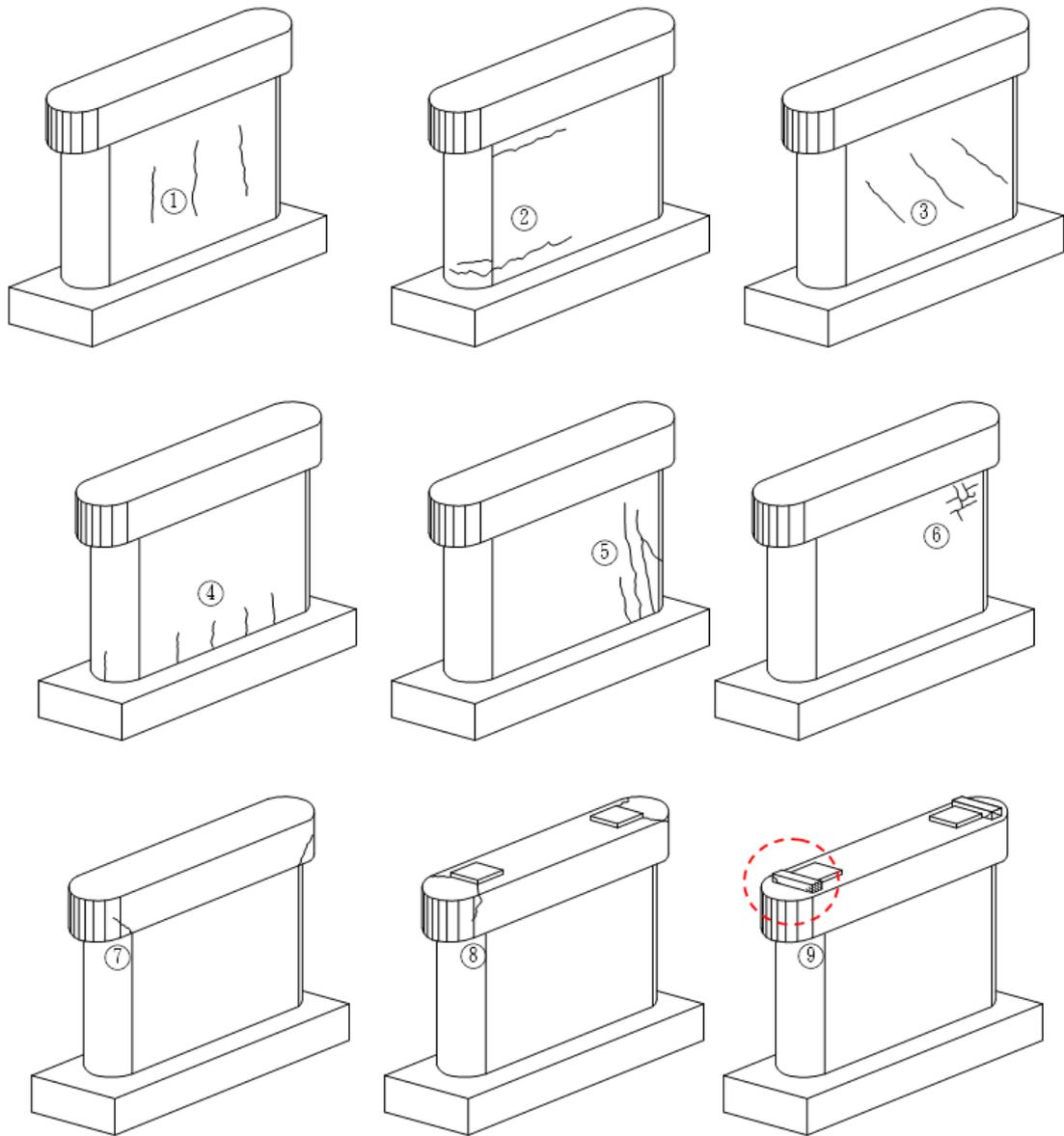


圖 3.1 C3.3.11 壁式橋墩裂縫示意圖

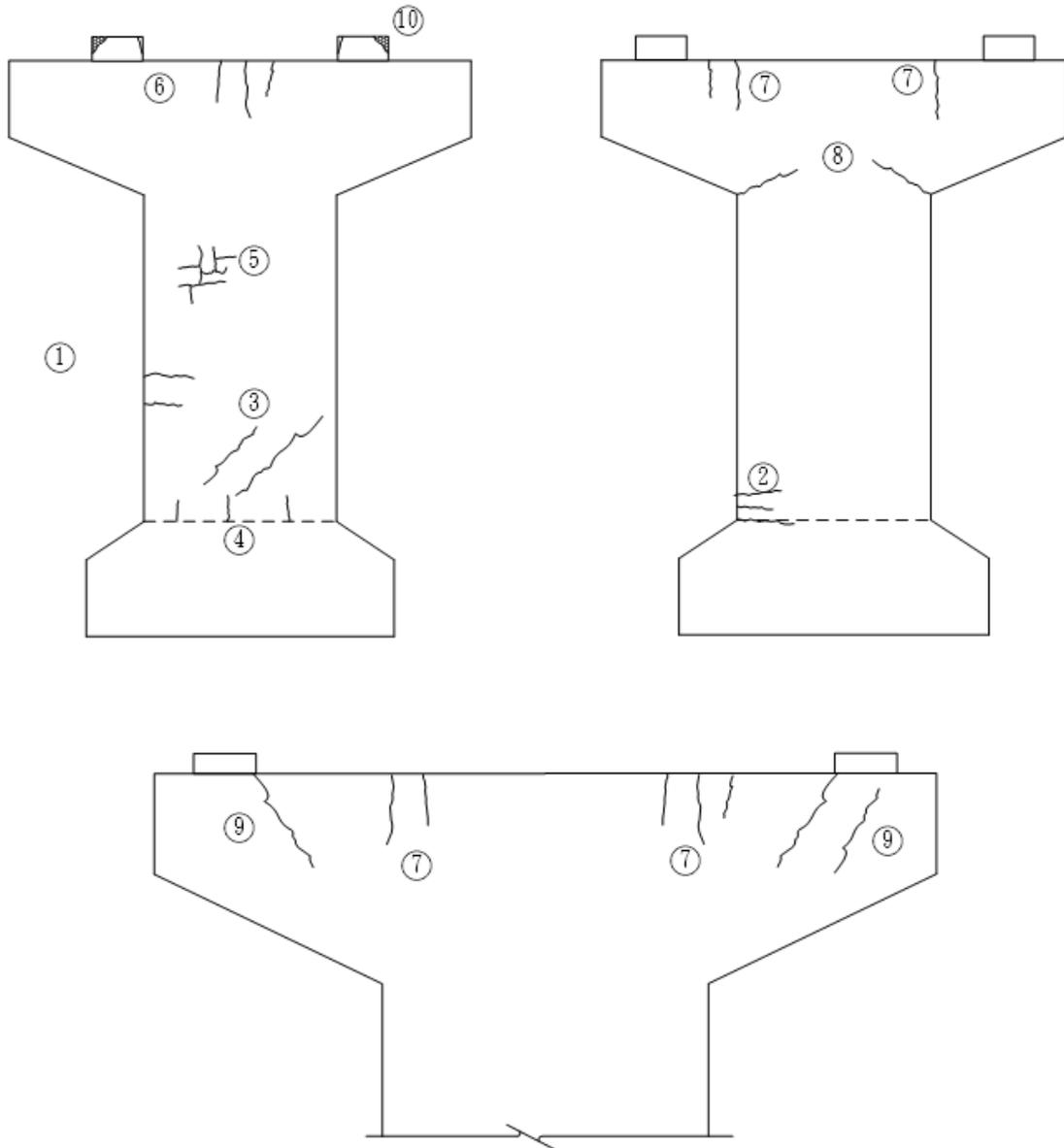


圖 3.2 C3.3.12 懸臂式單柱橋墩裂縫示意圖

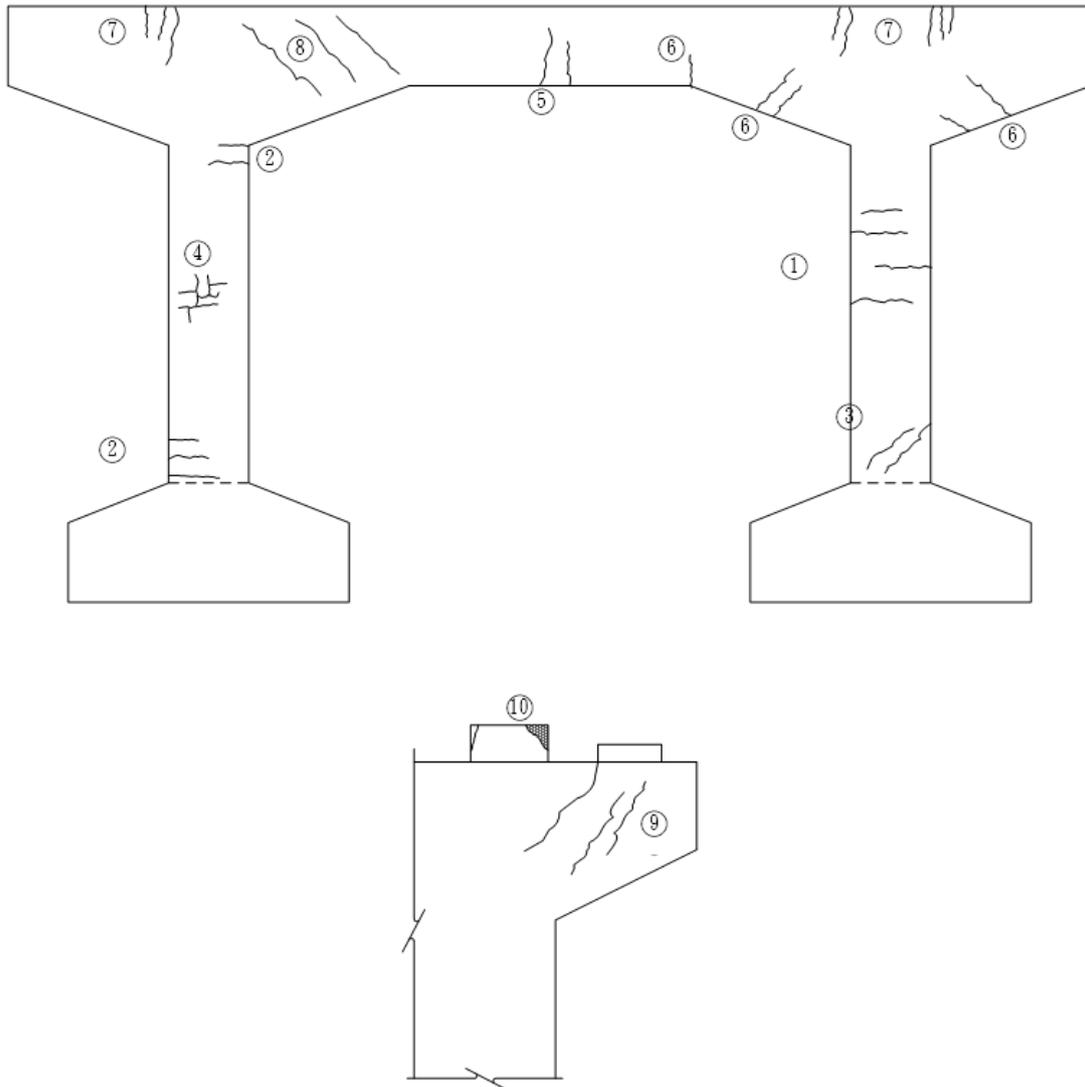


圖 3.3 C3.3.13 構架式橋墩裂縫示意圖

### 3.14 DER&U 與 ABCDN 法比較

我國之橋梁檢測評估，早期使用 DER&U 評估法的為高公局及公路總局，使用 ABCDN 的為鐵路局及住都局，至民國 92 年「公路養護手冊」明定公路橋之檢測方法採 DER&U 評估法，至民國 97 年頒布「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，期檢測方法雖仍稱為 DER&U 評估法，但評估準則是以 ABCDN 評估法為主要依據，再加入 ABCDN 評估法所使用之檢核單式評估表，可說是 ABCDN 化之 DER&U 評估法。其後頒布之「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」亦同樣依循此模式，採用 ABCDN 化之 DER&U 評估法。表 3.23 將 DER&U 評估法、ABCDN 評估法以及 ABCDN 化之 DER&U 評估法做一比較，其中 DER&U 法是以高公局民國 85 年之「公路橋梁一般目視檢測手冊」內容為準，ABCDN 法是以住都局民國 85 年之「混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊」為準，ABCDN 化之 DER&U 評估法則是以交通部民國 104 年頒布之「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」為準。

表 3.23 DER&U 與 ABCDN 比較表

比較項目	DER&U	ABCDN	ABCDN 化之 DER&U
比較用之規範或手冊	公路橋梁一般目視檢測手冊(民國 85 年)	混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊(民國 85 年)	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範(民國 104 年)
檢測表格	1 張矩陣式評估表	1 張綜合評估表+16 張檢核式評估表	1 張矩陣式評估表+最少 5 張檢核式評估表(視橋孔數增加)
檢測構件	21 項構件(梁式橋)	8 項構件	21 項構件(梁式橋)
評估面相	D、E、R、U 共四個面相	一個面相	D、E、R、U 共四個面相
評估等級	1~4 四個等級(0 為特殊)	A~D 及 OK 五個等級(N 為特殊)	1~4 四個等級(0 為特殊)
評估準則	以定性說明劣化現象所對應之 D、R 及 U 值，較少量化之標準。	以定性及定量方式說明劣化現象所對應之 A~D 值。	以定性及定量方式說明劣化現象所對應之 D、R 及 U 值。
判定標準	以檢測人員判斷為準	依評估準則所述為準	依評估準則所述為準
優勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡單明瞭</li> <li>快速辨識</li> <li>現場檢測時間短</li> <li>檢測成本較低</li> <li>檢測表可全面且快速的檢視橋梁整體狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>較詳細</li> <li>內容清楚，有助經驗較淺之檢測人員辨識</li> <li>減少檢測人員之主觀判斷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>較詳細</li> <li>內容清楚，有助經驗較淺之檢測人員辨識</li> <li>減少檢測人員之主觀判斷</li> </ul>
劣勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>無法很客觀的進行量化的判斷</li> <li>無法對各構件現況有較細部的檢測</li> <li>無經驗的橋檢人員，檢測結果無法真實反映橋梁狀況</li> <li>需另外備註損傷現象</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場檢測時間長</li> <li>檢測成本較高</li> <li>表格數量多，不適合現場填寫</li> <li>實際執行難度高</li> <li>手冊未明訂之劣化會造成填寫困擾</li> <li>評估結果較保守</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場檢測時間長</li> <li>檢測成本較高</li> <li>表格數量多，不適合現場填寫</li> <li>實際執行難度高</li> <li>規範未明訂之劣化會造成填寫困擾</li> <li>評估結果較保守</li> <li>評估過程較為繁複</li> </ul>

### 3.15 評估標準比較

表 3.24 依年份整理歷年之橋梁檢測手冊及部頒規範，由表中可知，並非所有手冊或規範都有詳列劣化評估準則，有詳細表列之手冊中，表 3.25 至 3.29 比較了民國 85 年「公路橋梁一般目視檢測手冊」、民國 85 年「混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊」、民國 88 年「橋梁檢查及評估手冊」、民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」、民國 100 年「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」及民國 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中，混凝土常見之劣化現象不同程度之評估準則，民國 86 年之「混凝土橋梁檢測手冊」與 85 年「公路橋梁一般目視檢測手冊」之評估表格是相同的，因此在比較評估準則時並未將民國 86 年之「混凝土橋梁檢測手冊」納入。

表 3.24 我國橋梁相關檢測規範或手冊比較

編號	文件名稱	頒布年 (民國)	頒布機關 (或單位)	適用橋梁	檢測使用 之評估法	劣化評估 準則
1	橋梁檢測維修訓練班講義	84	國立中央 大學	鐵/公路混 凝土橋	DER&U	以簡單案 例說明
2	公路橋梁一般目視檢測手冊	85	高公局	公路混凝土 橋	DER&U	詳細列表
3	混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混 凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊	85	住都局	公路混凝土 及鋼橋	ABCDN	詳細列表
4	混凝土橋梁檢測手冊	86	公路總局	公路混凝土 橋	DER&U	詳細列表 (同編號 2)
5	橋梁維修手冊、橋梁維修材料說 明書	86	鐵路局	鐵路橋	ABCS	原則性 說明
6	1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養 護規範	86	交通部	鐵路橋	未明定	無
7	橋梁檢查及評估手冊	88	鐵路局	鐵路混凝土 及鋼橋	ABCDN	詳細列表
8	公路養護手冊	92	交通部	公路混凝土 及鋼橋	DER&U	原則性 說明
9	公路鋼結構橋梁之檢測及補強 規範	97	交通部	公路鋼橋	DER&U +ABCDN	詳細列表
10	鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強 規範	99	交通部	鐵路鋼橋	未明定	無
11	橋梁目視檢測評估手冊(草案)	100	交通部運 研所	鐵/公路混 凝土橋、鋼 橋及特殊橋	DER&U	詳細列表
12	公路養護規範	101	交通部	公路混凝土 及鋼橋	DER&U	無
13	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢 測及補強規範	104	交通部	公路混凝土 橋	DER&U +ABCDN	詳細列表

表 3.25 混凝土裂縫評估準則比較

民 85 年 公路橋梁一 般目視檢測 手冊	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	撓曲裂縫	無裂縫	小於 0.3mm，無水流穿透或鋼筋銹蝕		0.3~0.6mm，無水流穿透或鋼筋銹蝕	小於 0.3mm，有水流穿透和鋼筋銹蝕	大於 0.6mm，無水流穿透或鋼筋銹蝕	0.3~0.6mm，有水流穿透或鋼筋銹蝕
	剪力裂縫	無裂縫	小於 0.2mm，無水流穿透或鋼筋銹蝕		0.2~0.3mm，無水流穿透裂縫或鋼筋銹蝕	小於 0.2mm，有水流穿透或鋼筋銹蝕	大於 0.3mm，沒有水流穿透或鋼筋銹蝕	0.2~0.3mm，有水流穿透或鋼筋銹蝕
民 85 年 混凝土、鋼橋 一般檢測手 冊	<b>ABCDN</b>	<b>OK</b>	<b>A</b>	<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>
	雙向裂縫	無裂縫	大於 0.1mm，且間隔大於 60cm	大於 0.1mm，且間隔在 40~60cm 間	小於 0.2mm，且集中或呈龜甲狀	大於 0.1mm，且間隔小於 40cm	大於 0.2mm，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
	單向裂縫	無裂縫	0.1~0.2mm，且間隔大於 1m	大於 0.1mm，且間隔在 50cm~1m 間	0.1~0.2mm，且集中	大於 0.1mm，且間隔小於 50cm	大於 0.2mm，且集中	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落
民 88 年 (鐵路)橋梁 檢查及評估 手冊	<b>ABCS</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>B</b>		<b>A</b>		<b>AA</b>
	混凝土裂縫	無裂縫	0.1~0.2mm，且間隔大於 1m	大於 0.2mm，且間隔在 50cm~1m 間	0.1~0.2mm，且集中	大於 0.2mm，且間隔小於 50cm	大於 0.2mm，且集中	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落
民 97 年 公路鋼結構 橋梁之檢測 及補強規範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	雙向裂縫	大於 0.1mm，且間隔大於 60cm	大於 0.1mm，間隔介於 40~60cm 間	小於 0.2mm，且集中或呈龜甲狀	大於 0.1mm，且間隔小於 40cm	大於 0.2mm，且集中	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落
	單向裂縫	0.1~0.2mm，且間隔大於 1m	大於 0.1mm，間隔在 50cm~1m 間	0.1~0.2mm，且集中	大於 0.1mm，且間隔小於 50cm	大於 0.2mm，且集中	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落	混凝土剝落，或有明顯之裂縫預測會剝落
民 100 年 橋梁目視檢 測評估手冊 (草案)	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	裂縫	無裂縫	0.3mm 以下，無滲水或鋼筋銹蝕現象		0.3~0.6mm，無滲水或鋼筋銹蝕現象	0.3mm 以下，有滲水或鋼筋銹蝕現象	0.6mm 以上，無滲水或鋼筋銹蝕現象	0.3~0.6mm，有滲水或鋼筋銹蝕現象
民 104 年 公路鋼筋混 凝土結構橋 梁之檢測及 補強規範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	RC 裂縫	無裂縫	小於 0.2mm，且間隔大於 50cm	小於 0.2mm，且間隔小於 50cm	0.2~0.3mm，且間隔大於 50cm	0.2 mm~0.3mm，且間隔小於 50cm	大於 0.3 mm，且間隔大於 50cm	大於 0.3mm，且間隔於小 50cm
	PC 裂縫	無裂縫	小於 0.1mm，且間隔大於 50cm	小於 0.1mm，且間隔小於 50cm	0.1~0.2mm，且間隔大於 50cm	0.1mm~0.2mm，且間隔小於 50cm	大於 0.2mm，且間隔大於 50cm	大於 0.2mm，且間隔於小 50cm
	RC 橋面版裂縫	寬度 0.05mm 以下(髮狀開裂)，間隔 100cm 以上	大多 0.1mm 以下，部分超過 0.1mm；間隔 50~100cm	大多 0.2mm 以下，部分超過 0.2mm；間隔約 50cm		大於 0.2mm，且部分有顯著的混凝土剝落；間隔 20cm~50cm		大於 0.2mm，有相當多連續且顯著的混凝土剝落；間隔 20cm 以下

表 3.26 混凝土剝落評估準則比較

民 85 年 公路橋梁一般 目視檢測手冊	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	混凝土剝落	無剝落	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出	鋼筋部分露出且無腐蝕現象	鋼筋完全露出，無腐蝕現象	鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象	鋼筋完全露出而且腐蝕	預力管露出，但尚未腐蝕
民 85 年 混凝土、鋼橋一 般檢測手冊	<b>ABCDN</b>	<b>OK</b>	<b>A</b>	<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>
	混凝土剝落	無剝落	面積小於 $0.1m^2$	面積 $0.1\sim 0.3m^2$	小塊剝落(直徑小於 50cm)	面積大於 $0.3m^2$	小塊剝落(直徑大於 50cm)	剝落或持續性剝落
民 88 年 (鐵路)橋梁檢 查及評估手冊	<b>ABCS</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>B</b>		<b>A</b>		<b>AA</b>
	混凝土剝落	無剝落	面積小於 $0.1m^2$	面積 $0.1\sim 0.3m^2$	小塊剝落(直徑小於 50cm)	面積大於 $0.3m^2$	小塊剝落(直徑大於 50cm)	剝落或持續性剝落
民 97 年 公路鋼結構橋 梁之檢測及補 強規範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	混凝土剝落	面積小於 $0.1m^2$	面積 $0.1\sim 0.3m^2$	小塊剝落(直徑小於 50cm)		面積大於 $0.3m^2$	小塊剝落(直徑大於 50cm)	剝落或持續性剝落
民 100 年 橋梁目視檢測 評估手冊(草 案)	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	混凝土剝落	無裂縫	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出	鋼筋部分露出且無腐蝕現象	鋼筋完全露出，無腐蝕現象	鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象	鋼筋完全露出而且腐蝕	預力管露出，但尚未腐蝕
民 104 年 公路鋼筋混凝 土結構橋梁之 檢測及補強規 範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	混凝土剝落	面積小於 $0.1m^2$	面積 $0.1\sim 0.3m^2$	小塊剝落(直徑小於 50cm)		面積大於 $0.3m^2$	小塊剝落(直徑大於 50cm)	剝落或持續性剝落

表 3.27 混凝土空洞(蜂窩)評估準則比較

民 85 年 公路橋梁一般 目視檢測手冊	<b>D 值</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	蜂窩	無蜂窩		有少量的蜂窩且鋼筋並未外露		鋼筋部分外露，且 已有腐蝕現象	鋼筋完全外露， 但尚未有腐蝕現象	鋼筋完全露出而且預力套 管露出，但尚未腐蝕	
民 85 年 混凝土、鋼橋一 般檢測手冊	<b>ABCDN</b>	<b>OK</b>		<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>	<b>D</b>
	空洞	無空洞		稍有不良聲 音	局部有空洞	面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之 空洞	主構件局部有明 顯之空洞	面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之空洞	未定義
	蜂窩	無蜂窩		局部有蜂窩		面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩		面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩	未定義
民 88 年 (鐵路)橋梁檢 查及評估手冊	<b>ABCS</b>	<b>S</b>		<b>C</b>		<b>B</b>		<b>A</b>	<b>AA</b>
	空洞	無空洞		稍有不良聲 音	局部有空洞	面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之 空洞	主構件局部有明 顯之空洞	面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之空洞	未定義
	蜂窩	無蜂窩		局部有蜂窩		面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩		面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩	未定義
民 97 年 公路鋼結構橋 梁之檢測及補 強規範	<b>D 值</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	空洞	稍有異常聲音	局部有空洞	面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之空洞		主構件局部有明顯之空洞		面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之空洞	未定義
	蜂窩	局部有蜂窩		面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩		面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩		面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩	未定義
民 100 年 橋梁目視檢測 評估手冊(草 案)	<b>D 值</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	蜂窩	無蜂窩		有少量的蜂窩且鋼筋並未外露		鋼筋部分外露，且 已有腐蝕現象	鋼筋完全外露， 但尚未有腐蝕現象	鋼筋完全露出而且預力套 管露出，但尚未腐蝕	
民 104 年 公路鋼筋混凝 土結構橋梁之 檢測及補強規 範	<b>D 值</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
	空洞 (或蜂 窩)	稍有異常聲音	局部有空洞 (或蜂窩)	面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之空洞(或蜂窩)		主構件局部有明顯之空洞(或 蜂窩)		面積大於 0.2m <sup>2</sup> 之空洞(或蜂窩)	未定義

表 3.28 鋼筋、鋼腱或錨定部位外露、銹蝕評估準則比較

民 85 年 公路橋梁一般 目視檢測手冊	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			<b>4</b>		
	未定義								
民 85 年 混凝土、鋼橋一 般檢測手冊	<b>ABCDN</b>	<b>OK</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>			<b>D</b>	
	鋼筋、鋼腱 或錨定部 位外露、銹 蝕	無外露	未定義	主筋外露長度小 於 30cm	主筋外露長度 30cm-50cm，或主筋局部外 露、銹蝕	PC 鋼材局部外露		主筋外露長度大於 50cm，或主筋銹蝕	PC 鋼材外露 50cm 以上或 PC 錨定部位 外露
民 88 年 (鐵路)橋梁檢 查及評估手冊	<b>ABCS</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>			<b>AA</b>	
	鋼筋外 露、銹蝕	無外露	未定義	主筋外露長度小 於 30cm	主筋外露長度 30cm~50cm，或主筋局部外露、銹蝕			主筋外露長度大於 50cm，或主筋銹蝕	
	鋼筋外露 (PC)	無外露	上述以外情形	鋼筋外露全面 銹蝕但無斷面積 減少	鋼筋外露全面銹蝕且斷面積減少			未定義	
	套管外露 (PC)	無外露	未定義	上述以外情形	套管外露 30cm 以上且全面銹蝕			未定義	
民 97 年 公路鋼結構橋 梁之檢測及補 強規範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>			<b>4</b>	
	鋼筋、鋼腱 或錨定部 位外露、銹 蝕	無外露	主筋外露長度小於 30cm		主筋外露長度 30cm-50cm，或主筋局部外 露、銹蝕	PC 鋼材局部外露		主筋外露長度大於 50cm，或主筋銹蝕	PC 鋼材外露 50cm 以上或 PC 錨定部位 外露
民 100 年 橋梁目視檢測 評估手冊(草 案)	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>			<b>4</b>	
	鋼筋、預力 套管、鋼腱 外露、銹蝕	無外露	主筋局部外露，無腐蝕現象		主筋嚴重外露，無 腐蝕現象	主筋局部外露且 銹蝕	預力鋼材局部外 露	主筋嚴重外 露且銹蝕	預力鋼材嚴 重外露或錨 碇部位外露
民 104 年 公路鋼筋混凝 土結構橋梁之 檢測及補強規 範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>			<b>4</b>	
	鋼筋、鋼腱 或錨定部 位外露、銹 蝕	無外露	主筋外露長度小於 30cm		主筋外露長度 30cm-50cm，或主筋局部外 露、銹蝕	PC 鋼材局部外露		主筋外露長度大於 50cm，或主筋銹蝕	PC 鋼材外露 50cm 以上或 PC 錨定部位 外露

表 3.29 混凝土表面劣化(滲水、白華)評估準則比較

民 85 年 公路橋梁一 般目視檢測 手冊	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>			<b>3</b>		<b>4</b>	
	混凝土表面 劣化	無劣化	由於鹼骨材效造成混凝土 表面髮狀裂縫,由於水分 滲透造成橋面版的混凝 土表面退色變質	混凝土表面 受汙染變色	混凝土的白 華顯示遭到 硫酸鹽的侵 蝕	一般混凝土表面 的變軟顯示遭到 化學藥劑的作用	由於鹼骨材反應 造成嚴重開裂	以上各項的缺陷,但 程度上更嚴重	未定義
民 85 年 混凝土、鋼 橋一般檢測 手冊	<b>ABCDN</b>	<b>OK</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>
	滲水及游離 石灰、銹水 流出	無劣化	少量之滲水及游離石灰		滲水及游離石 灰、銹水流出面積 小於 0.3m <sup>2</sup>	游離石灰單向發生	滲水及游離石 灰、銹水流出面積 大於 0.3m <sup>2</sup>	游離石灰雙向發 生,間隔 50cm 以下	漏水並造成第三者障礙
民 88 年 (鐵路)橋梁 檢查及評估 手冊	<b>ABCS</b>	<b>S</b>	<b>C</b>		<b>B</b>		<b>A</b>		<b>AA</b>
	滲水、游離 石灰銹水流 出	無劣化	少量滲水及游離石灰		滲水及游離石灰、銹水流出面積小於 0.3m <sup>2</sup>		滲水及游離石 灰、銹水流出面積 大於 0.3m <sup>2</sup>	漏水並造成第三者 障礙	未定義
民 97 年 公路鋼結構 橋梁之檢測 及補強規範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>			<b>3</b>		<b>4</b>	
	滲水及游離 石灰、銹水 流出	少量之滲水及 游離石灰	滲水及游離石灰、銹水流出 面積小於 0.3m <sup>2</sup>	游離石灰單向發生		滲水及游離石 灰、銹水流出面積 大於 0.3m <sup>2</sup>	游離石灰雙向發 生,間隔 50cm 以下	漏水並造成第三者障礙	
民 100 年 橋梁目視檢 測評估手冊 (草案)	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>			<b>3</b>		<b>4</b>	
	混凝土表面 劣化	無劣化	滲水或污染造成局部混凝土表面輕微褪色、變質或白華現象			滲水或污染造成局部混凝土表面嚴重 褪色、變質或白華現象		滲水或污染造成大範圍混 凝土表面嚴重褪色、變質 或白華現象	
民 104 年 公路鋼筋混 凝土結構橋 梁之檢測及 補強規範	<b>D 值</b>	<b>1</b>	<b>2</b>			<b>3</b>		<b>4</b>	
	滲水及白 華、銹水流 出	少量之滲水及 白華	滲水及白華、銹水流出面積 小於 0.3m <sup>2</sup>	白華單向發生		滲水及白華、銹水 流出面積大於 0.3m <sup>2</sup>	白華雙向發生,間隔 50cm 以下	漏水並造成第三者障礙	

從表 3.25 至 3.29 可看出，民國 85 年「混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊」及民國 88 年之「橋梁檢查及評估手冊」評估標準幾乎是相同的，雖然民國 85 年「混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊」使用 ABCDN 法，A 是劣化最輕微，而民國 88 年之「橋梁檢查及評估手冊」使用 ABCS 法，C 是輕微，A 是較嚴重，在代碼上是相反，但對於不同程度劣化狀態的文字描述是相當接近的，而同樣的描述也出現在民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」中，但民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」使用的是 DER&U 法，而 DER&U 在 D 值之評分上，D=1 是良好，2~4 是不同之劣化程度，共三級，但 ABCDN 在構件良好時是填寫「OK」，劣化的評分是 A~D，共四級，差了一級，因此本研究發現民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」之編撰小組，將 ABCDN 法中之 A 級，納入 DER&U 法中的 D=1，造成原本 D=1 是完全無劣化的定義，變成了可以有微小劣化。

民國 100 年「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」在劣化評估準則上維持了 DER&U 的原始定義，與民國 85 年「公路橋梁一般目視檢測手冊」接近但更加詳細，而在民國 104 年頒布的「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」，看起來是以民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」為本，針對部分劣化類型進一步調整劣化狀態的文字描述。

採用了 DER&U 法的規範或手冊除了針對劣化程度(D 值)的判定表，還有針對 R 及 U 值的判定表，這是使用 ABCDN 法之手冊所沒有的，而民國 85 年「公路橋梁一般目視檢測手冊」之 R 及 U 值之判定準則表內容較為不足，許多劣化類型並未提供對應之 R 及 U 值，因此表 3.30 之橋梁結構安全性與使用性之影響度程度評估準則比較中，僅比較民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」、民國 100 年「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」以及民國 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」，而比較結果發現民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」與民國 100 年「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」，在 R 及 U 值之判定準則是幾乎相同的，民國 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」則修訂了相當多，最大的變化還是在 R 值之判斷上，需要如 3.13 小節所述的，要在去查表及對應規範中的圖說，才能得到真正的 R 值。表 3.30 中有關民國 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」在 R 及 U 值判定上有寫到 R=0 及 U=0，這與 DER&U 之定義有相違之處，R=0 之定義是無法判定重要性，而 U=0 是無法判定急迫性，因此當劣化很微小，尚不需維修時，應該填寫 R=1 及 U=1。

表 3.30 混凝土橋墩裂縫對橋梁結構安全性與使用性之影響度程度評估準則比較

民 97 年 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範			民 100 年 橋梁目視檢測評估手冊(草案)			民 104 年 公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範		
劣化程度	R	U	劣化程度	R	U	劣化程度	R	U
如果裂縫寬度小於 0.2mm，而且沒有滲漏現象。	0	0	裂縫寬度 0.3mm 以下，且沒有滲漏現象。	1	1	RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，且間隔大於 50cm。	b	1
裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性。	1	2	裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性。	1	2	RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，且間隔小於 50cm。 RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔大於 50cm。	c	1~2
裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性，不過鋼筋混凝土有銹蝕情形。	2	3	裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性，不過鋼筋有銹蝕情形。	2	3	RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔小於 50cm。 RC 結構物裂縫寬度大於 0.3 mm (含)，且間隔大於 50cm。	d	2~3
裂縫為全面性，鋼筋混凝土亦有銹蝕情形，但影響橋墩結構完整性之程度不大。	3	4	裂縫為全面性，鋼筋亦有銹蝕情形，但影響橋墩結構完整性之程度不大。	3	4	RC 結構物裂縫寬度大於 0.3mm(含)，且間隔於小 50cm。	e	3~4
裂縫為局部或全面性，橋墩結構之完整性受到嚴重影響，有損毀之危險，且鋼筋已有明顯之銹蝕現象。	4	4	裂縫為局部或全面性，橋墩結構之完整性受到嚴重影響，有損毀之危險，且鋼筋已有明顯之銹蝕現象。	4	4			

### 3.16 鐵路橋梁檢測

鐵路橋梁與公路橋梁相比，在檢測上更為不易，大部份橋梁所在之處未有公路可抵達，亦無法開車延橋梁所在路線到達橋上，若要乘坐軌道檢查車至橋梁附近再下車以徒步方式抵達橋梁，亦需配合一般列車之時刻表再另外安排行程，不若公路橋梁般自由。

鐵路局目前檢測所使用之相關規範為民國 86 年 12 月頒布(103 年部份修訂)之「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」以及民國 99 年 12 月頒布之「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」。「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」依交通部頒規範以基本性與通盤性之規定為原則，因此並未明確提及定期檢測所使用之方法、表格及劣化評估準則。鐵路局橋隧科相關人員表示，鐵路橋與公路橋在橋梁結構主體上是一樣的，因此除了鋪面、緣石與人行道等鐵路橋沒有之項目需排除，另外再增加維修走道、避車台、擋碴牆等項目外，其於橋梁構件可使用相同之檢測評估準則。在「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」第四章橋隧檢查中明定「橋梁檢查應每年定期就全線所有橋梁檢查一次，但遇有必要時得僅就特定橋梁施行之。」規範中並未提到所使用之檢測法以及評估準則，但該規範中有說明橋梁應檢查之項目包含「合於規定之最重機車通過橋梁時，應測量橋梁中心部分之撓度。」因此撓度測量為鐵路橋相關檢測規範中有特別提到，但公路橋檢測規範未提及之項目。

本研究回顧美國康乃狄克州運輸部鐵路局(Connecticut Department of Transportation, Bureau of Public Transportation Office of Rail)於 2012 年 4 月出版之鐵路橋梁檢測手冊(Railroad Bridge Inspection Manual)，手冊中規定鐵路橋梁每年至少檢測一次，同時連續兩次檢測之間隔不得大於 540 日曆天，手冊中有關橋梁檢測方法及檢測項目是參考 BIRM 之規定，同樣將橋梁檢測評估構件分為三項：(1)橋面板(Deck)、(2)上部結構(Superstructure)及(3)下部結構(Substructure)，若為跨河橋增加河道(Waterway)；若為箱涵，則針對箱涵(Culverts)本身進行評估。評分(Rating)方式一樣分為 9 級，即 0~9 及 N，美國橋梁檢測之評分方式請詳 2.2.1 小節。由美國之作法可知，在橋梁結構主體上是可以採用相同之規範的，再針對鐵、公路橋相異之構件進行增刪即可。

### 3.17 小結

本章按照文件頒布之時間，回顧了「橋梁檢測維修訓練班講義」、「公路橋梁一般目視檢測手冊」、「混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊」、「混凝土橋梁檢測手冊」、「橋梁維修手冊、橋梁維修材料說明書」、「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」、「橋梁檢查及評估手冊」、「公路養護手冊」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」、「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」、「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」、「公路養護規範」、「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」，共 1 本講義、7 本手冊以及 5 本規範。可知我國之橋梁檢測評估，早期使用 DER&U 評估法的為高公局及公路總局，使用 ABCDN 的為鐵路局及住都局，至民國 92 年「公路養護手冊」明定公路橋之檢測方法採 DER&U 評估法，鐵路局雖未明文規定也同樣採用 DER&U 法，但因著我國橋梁管理系統之廣泛使用，全國各政府機關已統一以 DER&U 法做為橋梁定期檢測之評估法。至民國 97 年頒布「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，其定期檢測方法雖仍稱為

DER&U 評估法，但評估準則是以 ABCDN 評估法為主要依據，再加入 ABCDN 評估法所使用之檢核單式評估表，可說是 ABCDN 化之 DER&U 評估法。其後頒布之「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」亦同樣依循此模式，採用 ABCDN 化之 DER&U 評估法。

現行之鐵路檢測規範，「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」及「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」並未明確提及定期檢測所使用之方法，同時也欠缺劣化評估準則。公路橋梁檢測之相關規範，即「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」、「公路養護規範」及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」，僅比較規範之內容可發現：(1)檢測頻率之規定並不一致、(2)同樣構件且相同劣化類型之 D、E、R 值判定有差異、(3)D=1 之定義由良好變為可以有微小劣化、(4)評估列表出現 R=0 且 U=0 之異常標準，以上均為未來若規範要進行修訂時應注意之處。

## 第四章 橋梁管理單位專家訪談

### 4.1 訪談問題與對象確立

本研究藉由訪談了解實際執行橋梁檢測業務之人員，對於檢測規範或手冊所定之相關要求能否順利執行，或有其窒礙難行之處，並對未來可能之修訂方向提出建議。訪談之主要問題共 7 項，如表 4.1 所示，完整之訪談問卷如附冊十三所示，訪談紀錄匯整於附冊十四。訪談對象包含交通部、高公局、公路總局、鐵路局、縣市政府、外部稽核與檢測廠商等，訪談場次與專家，如表 4.2 所示。

表 4.1 主要訪談問題

項次	問題
問題一	傳統之 DER&U 目視檢測法及紀錄方式(附表一)*，即「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97 年)、「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(99 年)及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104 年)頒布之前，有何優缺點？
問題二	針對傳統之 DER&U 目視檢測法及紀錄方式之缺點之建議改善方向或具體方式？
問題三	現行規範之 DER&U 目視檢測法及紀錄方式(附表二及附表三)*，有何優缺點？
問題四	針對現行規範之 DER&U 目視檢測法及紀錄方式之缺點之建議改善方向或具體方式？
問題五	現行規範之劣化程度評估標準(附表四至附表十六)*是否合理且可執行？
問題六	針對未來橋梁檢測規範之修訂可朝何方向進行？是否有具體建議？
問題七	其他任何建議事項？
*訪談問題中所稱之附表係指附冊十三專家訪談問卷之中附表。	

表 4.2 訪談專家列表

場次	人次	日期	專家	所屬單位	職稱或負責項目	訪談紀錄頁碼
1	1	2016/6/27	張善鈞	萬鼎工程	主任工程師	附 403
	2		蔡伯中	萬鼎工程	資深工程師	
2	3	2016/6/27	葉啟章	中興工程	主任	附 405
	4		劉宗憲	中興工程	工程師	
3	5	2016/6/29	游嫻茹	嘉義市政府	橋梁檢測承辦	附 407
4	6	2016/6/29	蔡秉杰	嘉義縣政府	橋梁檢測承辦	附 409
	7		陳振華	高雄大學	教授/檢測廠商	
5	8	2016/6/30	黃哲君	苗栗縣政府	科長	附 411
	9		曾若涵	苗栗縣政府	技士	
	10		張文彬	彛盛工程	經理/檢測廠商	
6	11	2016/7/1	林正偉	臺灣世曦	正工程師	附 413
7	12	2016/7/1	王瑞麟	中華顧問工程司	技師	附 415
8	13	2016/7/1	毛一祥	中華顧問工程司	正工程師	附 417
	14		蔡欣局	中華顧問工程司	正工程師	附 421
9	15	2016/7/4	蔡旭彥	鐵路局台中段	技術助理	附 424
10	16	2016/7/5	陳柏源	交通部路政司	技正	附 426
11	17	2016/7/5	林安彥	前高公局工務組	組長	附 428
12	18	2016/7/6	巫俊憲	公路總局中壢工務段	橋梁業務承辦	附 430
13	19	2016/7/7	陳宗宏	鐵路局工務處	科長	附 432
14	20	2016/7/11	李仁豪	高公局工務組	幫工程司	附 434
	21		劉德儼	高公局南工處	幫工程司	
	22		吳明宗	南工處岡山工務段	幫工程司	
	23		張高銘	南工處白河工務段	工程師	
15	24	2016/7/12	陳致遠	高公局中工處	工程員	附 436
	25		吳松旺	中工處大甲工務段	幫工程司	
	26		曾建銘	鹿島工程技術顧問	檢測廠商	
16	27	2016/7/13	楊秉順	公路總局道工科	科長	附 438
	28		延允中	公路總局道工科	正工程司	
17	29	2016/7/14	蔡寬忠	雲林縣政府	橋梁檢測承辦	附 440
	30		李啟瑋	臺灣整合防災	檢測廠商	
18	31	2016/7/15	陳俊仲	國家地震研究中心	副研究員	附 441
19	32	2016/7/21	彭煥儒	高公局中工處	處長	附 443
20	33	2016/8/22	陳毅銘	公路總局二工處	工程司	附 445
	34		李坤哲	黎明工程	檢測廠商	

## 4.2 各單位訪談意見彙整

### 4.2.1 高公局主要意見彙整

高公局同仁認為過去之 DER&U 檢測法可簡單、快速的全面性檢視橋梁狀況，但由於需仰賴檢測人員之專業及經驗，因此人員之素質會影響檢測結果，因此教育訓練很重要；新版規範對於劣化狀態及評估準則定得很詳細，有助於經驗不足人員判斷裂化程度，但標準過於嚴格，尤其對無法進行量測之處，會因無法量測導而致無法判斷裂化程度，執行難度高；另外，新版規範並非所有評估準則均為量化，因此還是會因檢測人員主觀之判斷而有所不同，應建立檢測人員訓練證照制度；後續規範修訂時，應邀橋梁檢測公司代表及執行橋檢業務之工務段代表參與，使規範具可執行性。高公局同仁之訪談意見整理於表 4.3。

表 4.3 高公局訪談意見彙整

編號	意見彙整
問題一	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DER&amp;U 可簡單、快速的全面檢視橋梁整體狀況，並將各構件依類別分類測、評分。</li> <li>• 無法對各構件現況有較細部的檢測。</li> <li>• 部分構件評分過於籠統，有時無法真實呈現構件損壞狀況，如 D=2 及 3，對於養護單位處理之時效會有差異。</li> <li>• 檢測評估由人員主觀判斷，專業經驗易影響損壞輕重的判斷。</li> <li>• 目前檢測人員素質差異大，同時無完善培訓制度。</li> <li>• R 之定義是否為對構件劣化情形對該構件功能(結構安全與使用性)之影響度(Relevancy)，而非整座橋梁結構之重要性，應予釐清。</li> <li>• 檢測資料表內資訊過少(如缺里程、橋長等)，另檢測項目「摩擦層」用詞不佳，因非所有橋梁路面均有摩擦層(如本局路面均有鋪設 OGAC)。</li> </ul>
問題二	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 檢測標的物時應延伸檢測範圍，如颱風巡檢時，面對河道沖刷應增加觀察周邊河性等。</li> <li>• 檢測人員之意見欄，僅針對整座橋梁狀況予以說明意見，無法細部說明單一構件。</li> <li>• 檢測人員應有足夠專業訓練，足以認識各項結構單元、損壞模式及原因，避免誤判。</li> </ul>
問題三	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各檢測項目劣化樣態皆相當明確，現場檢測人員可以針對現場劣化情形依照表格填列評分。</li> <li>• 對於年資較淺之檢測人員，降低因經驗不足而造成之差異。</li> <li>• 附表二項目過多，橋墩及橋孔數多為複數，無法於同一表格呈現(要複印多頁)，現場填寫難度較高。</li> <li>• 附表三維修項目及工法欄位如僅經檢測人員當場判定，尚不切實際。</li> <li>• 規範應以可施行為原則，現行規範執行難度過高將衍生責任歸屬問題。</li> </ul>

表 4.3 高公局訪談意見彙整(續)

編號	意見彙整
問題四	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現行規範與檢測內容不易於紙本呈現，建議整合橋梁管理系統及 APP，提供評估建議或損壞樣態，則可快速選用，日後可有效分類統計。</li> <li>• DER&amp;U 值的判斷還是會因現場人員主觀而有不同，需透過教育訓練改善。</li> <li>• 遇到無法量測之狀況則無法辦定。</li> <li>• 建議依據現行規範之要求，提供可使用之工具及其限制。</li> <li>• 如果要使用如日本 ABCDN 之方法，應排除原有 DER&amp;U 目視檢測方法，避免過於混亂與複雜，影響執行成效。</li> </ul>
問題五	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現行規範所訂定之量測值過於嚴格，D 值很容易達 3 以上。</li> <li>• 混凝土裂縫會有溫度裂縫或乾縮裂縫，0.05 mm 的檢測標準難以執行。</li> <li>• 需要近距離量測，是否有合適之工具可以使用，執行難度太高。</li> <li>• 橋梁安全性仍需經各式狀況整體判定，此建議收集各式損壞情形後再檢討其劣化輕重分類。</li> <li>• 特殊構件及較少見之劣化態樣並未列於規範中，檢測人員將難以判定。</li> </ul>
問題六	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 應簡化現場檢測資料。</li> <li>• 建立檢測人員訓練證照制度(含訓練機構、課程時數、回訓制度、合格師資)。</li> <li>• 橋梁特別檢測需有啟動時機，建議包含暫停或結束時機。</li> <li>• 檢測評估仍屬高主觀判斷性質，如可再增加客觀判定條件及多重檢核模式</li> <li>• 建議應就橋梁特性與重要性進行分級，並且針對重要部位或構件漸進式導入規範檢測要求。</li> <li>• 後續應明訂災害等級與對地方之影響，避免增加檢測負擔。</li> <li>• 建議規範修訂時，邀集橋梁檢測公司代表及執行橋檢業務之工務段(自辦橋檢者尤佳)代表參與修訂，或者會後提供初稿予上述代表以提供相關意見。</li> <li>• 倘若引進國外規範，應將該規範配套措施一併導入，如訓練制度、檢測成本規劃、使用工具限制等。</li> </ul>
問題七	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 橋梁檢測系統建議全國統一，可使廠商或機關使用及訓練有一致標準，亦可避免機關各類需求，造成人員使用上的困惑或系統轉換時的漏失。</li> <li>• 建立長期且完整的培訓制度，辦理現地橋梁檢測示範教學，加強檢測人員及承辦工程司之專業能力，並建立橋檢人員資格認證制度(含回訓)。</li> <li>• 橋梁與河道應整合探討，增加管理單位之橫向溝通。</li> </ul>

#### 4.2.2 公路總局主要意見彙整

公路總局管理範圍涵蓋全國各區域，橋梁數量及類別眾多，檢測與維護之工作相對複雜，同時為國內少數自行辦理橋梁定期檢測之機關。公路總局同仁認為 DER&U 目視檢測法可快速辨識問題所在，有助後續維修機制執行，但需仰賴具經驗之工程師，否則檢測資料易受人為影響，而出現不客觀或不符現況之紀錄；新版規範部分，雖然量化標準具有辨識或對照基準，有利新進檢測人員判斷，但表格過多與查表作業將大幅降低檢測效率，人員負擔過大；另外，因規範之劣化判定需近距離量測，以現行機具、成本與時程要求幾乎無法達成，執行難度過高，而過於保守之評估準則，將造成評估失去鑑別度。公路總局同仁之訪談意見整理於表 4.4。

表 4.4 公路總局訪談意見彙整

編號	意見彙整
問題一	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DER&amp;U 評估速度快、可以立即發現重大問題、簡化紙本作業，有利現場作業。</li> <li>• 具經驗之工程師，可快速辨識問題所在，有助後續維修機制執行。</li> <li>• 判斷必須仰賴人員之經驗，此方法人力經驗差異明顯，易出現不客觀或不符現況之紀錄。</li> </ul>
問題二	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建議增加教育訓練之課程。</li> <li>• 由於 U 值需經驗判斷，將衍生維修工法填寫落差。</li> </ul>
問題三	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目前第一線執行現行規範之細緻度並不高，是否真能反應出橋梁現況？</li> <li>• 評估層面較細，不同構件所評估之內容亦不同，現地操作難度高。</li> <li>• 依規範所需進行量測之作業必須使用橋檢車或相關儀器，作業難度高。</li> <li>• 執行現行規範之執行作業過多，短時間內需逐項填寫且現場查表，人員負擔過大，建議針對有意義或主要構件操作即可。</li> <li>• 由現場逐項紀錄再由後端專家進行辨識，將有時效性之問題。</li> <li>• 現行規範標註完整，量化標準具有一定辨識或對照基準，有利新進檢測人員判斷。</li> <li>• 表格作業與查表作業增加工作負擔，大幅降低檢測效率。</li> <li>• U 值分項填寫，有利單一構件檢討。</li> </ul>
問題四	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建議應整合鋼橋與 RC 橋之規範，包規範內容、標準及量化門檻。</li> <li>• 建議以重要缺失或主要結構問題為標的，先發現問題後再以現行規範進行逐一量測，再輔以定性說明即可。</li> <li>• 附表二詳列許多劣化態樣，構件有其中一兩項劣化，但其他未出現之劣化態樣若 D 值填 1 是否與現實矛盾，建議明確說明填表方法或簡化填表內容。</li> <li>• 若要執行現行規範，建議僅針對主要問題進行填寫及量測，建議附表二可以刪除，劣化態樣以原則說明即可。</li> <li>• 各構件不應強迫全部填寫 U 值，否則會衍生維修問題。</li> <li>• 建議調整橋梁檢測頻率，如五年一次。</li> <li>• 建議回到過去 DER&amp;U 之方式，應以現場能操作為出發點，若無法量測就失去檢測意義。</li> </ul>

表 4.4 公路總局訪談意見彙整(續)

編號	意見彙整
問題五	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多數量測值皆需近距離量測，以現行機具、成本與時程要求幾乎無法達成，執行難度過高。</li> <li>• 特殊橋梁未有明確細項，僅以原則性說明，與其他橋梁量測門檻差異大。</li> <li>• 規範難以正面表列所有狀況，遇特殊情形或遺漏項目該如何操作與紀錄？</li> <li>• 建議應回到檢測目的，若檢測過程需投入大量資源是否合理？</li> <li>• 量化標準是否過於保守，劣化程度反而不利辨識，出現裂縫就是 <math>D=3</math> 或 <math>4</math>，鑑別度不高，且 <math>D</math> 值大於 <math>3</math> 需要列管，需增加維修人力與經費。</li> <li>• 所紀錄之構件劣化，若無對應之維修作業，將失去檢測意義。</li> <li>• 倘若僅需記錄現場狀況與裂縫，檢測將失去彈性，若發生事故，即便不是主要問題，若填寫不實，將衍生執行責任。</li> <li>• 附屬設施因維護管理單位不同，在劣化認定上有差距，另外，不屬橋梁管理單位負責之設施，檢測結果有劣化時，也僅能通知相關單位處理。</li> <li>• <math>U</math> 值有區間值，檢測人員與維修人員之解讀易有落差。</li> </ul>
問題六	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建議應減少量化門檻，以定性門檻為標準可行性才高。</li> <li>• 建議當 <math>D</math> 值大於 <math>3</math> 時，檢測人員再加註定性描述即可，有助於後續判斷。</li> <li>• 建議橋梁應分級，考量目視檢測特性，針對不同橋梁提出合適之檢測標準。</li> <li>• 檢測標準應回歸到各單位手冊中，由各單位自行定義問題與擬訂門檻。</li> <li>• 建議後續執行僅針對結構型缺失或造成用路人影響之部位，再依照規範要求進行詳細定性定量紀錄即可。</li> <li>• 現行規範目的其實不明確，如果要針對結構性安全評估，附屬構件又該如何處理？建議重新檢視規範執行效益與目的。</li> <li>• 為配合現行規範之執行，建議應引進高科技工具輔助，提高檢測人員可及性及檢測效率。</li> <li>• 若要全面執行現行規範，部分定性說明或等級仍有不明確之處，建議應統一說明或全面以量化數據呈現，否則標準不一。</li> <li>• 檢測時間與成本應有明確建議，現行成本規劃與執行功率差距太大。</li> <li>• 建議針對主構件或常發生問題之構件檢測即可，而 <math>R</math> 值是否一定要分成 <math>b</math>、<math>c</math>、<math>d</math>、<math>e</math>，建議列出常見態樣。</li> </ul>
問題七	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 橋梁與規範應進行分級，分層施行才能發揮管理效益。</li> <li>• 建議橋梁新建完成後，將檢測紀錄列為驗收項目之一。</li> <li>• 檢測人員需要足夠訓練，檢測經驗之傳承非常重要，建議規劃完整交接方法、培訓計畫等。</li> <li>• 建議整合鋼結構規範，避免人員混淆。</li> </ul>

#### 4.2.3 鐵路局主要意見彙整

鐵路局為國內少數自行辦理橋梁定期檢測之機關，所轄之橋梁人員可及性低，同時由於橋梁上方有高壓電，因此無橋檢測車可用，同時目前鐵路局之規定為每

季需進行一次橋梁檢測，雖然僅一次全面性檢測，其餘三次僅檢測之前檢測所標示之劣化位置，但人員之負擔依然相當大。鐵路局同仁認為 DER&U 目視檢測法評估速度快，但主觀判定成分高；新版規範非常詳細，但對於鐵路局而言，多數橋梁無法近距離量測，因此無法執行，即使委外檢測，成效有限，因此建議先維持傳統檢測方式，各局可依各局狀況調整檢測手冊。鐵路同仁之訪談意見整理於表 4.5。

表 4.5 鐵路局訪談意見彙整

問題	意見彙整
問題一	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DER&amp;U 評估速度快，工程師可依據經驗判斷，優先辨識立即危險。</li> <li>• 主觀判定成分高，加上鐵路局檢測頻率過高，實際成效與正確性，其實有討論空間。</li> </ul>
問題二	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建議提高檢測穩定性，避免人員差異導致檢測成果與分數落差太大。</li> <li>• 鐵路局檢測密度太高，應該改成半年一次或一年一次。</li> <li>• 可以部分增加量化或定性標準，協助辨識。</li> </ul>
問題三	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 檢測資料清楚，標準非常細。</li> <li>• 鐵路局橋梁每季檢測一次，以現行制度與檢測時間，恐無法執行。</li> </ul>
問題四	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 表單內容應以簡單、快速可執行為原則，倘若現場還需要查表不僅費時且不可行。</li> <li>• 建議精簡現行表單內容，不需考量 DER 值，僅進行 Y/N 辨識，有問題部分再詳實記錄，減少作業。</li> <li>• 若依照附表二、三所列，建議應先建立重要橋梁篩選方法與原則，再針對篩選後之橋梁執行 DER 值之判定。</li> <li>• 檢測內容僅針對主要構件詳實紀錄就好。如護欄或附屬設施以傳統或一般檢測方法執行就可以。</li> </ul>
問題五	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鐵路檢測無法使用橋檢車，加上營運考量，檢測時間與品質受限，近距離量測與檢察根本無法執行。</li> <li>• 量化標準過於嚴格，且量化項目過多，需進行量測之作業增加，即便放寬門檻值，無法量測的問題一樣存在，難以執行甚至部分項目根本無法執行。</li> <li>• 現行人力根本無力負擔，即便委外處理，廠商亦受成本與編列人力問題，執行成果有限。</li> <li>• 檢測標準有些仍有模糊空間，如標準中出現少許與顯著之字眼，該如何辨識差別。</li> </ul>

表 4.5 鐵路局訪談意見彙整(續)

問題	意見彙整
問題六	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 針對模糊的標準應再深入檢討，提供檢測人員明確之內容，建議增加定性說明或定性標準。</li> <li>• 鐵路橋可及性非常低，鐵路局原定編列預算委外檢測，其實是為了補足過往目視檢測不足之處，但規範執行難度太高，既有規定時間與經費可能無法負擔。</li> <li>• 檢測週期與頻率應適度拉長，才能依據規範將所有劣化問題與相關內容詳實記錄，否則規範流於形式，操作性較低。</li> <li>• 應優先針對嚴重橋梁或針對主要構件等先行辦理，後續再考量次要構件，避免工作負擔過大。</li> <li>• 跨河橋或跨水橋梁之檢測，是否提供檢測方法與建議。</li> <li>• 現行規範先做為參考即可，實際執行建議先維持傳統方法，且建議各局可依各局狀況調整檢測手冊。</li> <li>• 規範應以實務操作為基礎，將檢測標準及方法合理化，減少第一線人員負擔。</li> </ul>
問題七	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鐵路橋梁至 2~3m 也算一座橋，建議鐵路橋梁應進行分級，並規劃自己的檢測規範或手冊。</li> <li>• 即便規範內容細緻，新進人員能否延續檢測資料之正確性，仍有賴人員之交接與經驗傳承，建議增加教育訓練場次與時間，提高人員素質及增加辨識能力。</li> <li>• 要落實現行規範之檢測方法與紀錄方式，TBMS 系統則需配套設計對應之表單及欄位。</li> </ul>

#### 4.2.4 縣市政府主要意見彙整

地方政府所轄橋數眾多，然而橋梁檢測經費及維修經費相對中央單位而言較少，同時各縣市政府處理橋梁相關業務人員大多僅一兼辦人員，橋梁檢測均委外辦理，在訪談過程中，部份縣市政府之檢測廠商亦有出席，縣市政府承辦人與承攬檢測廠商均認為 DER&U 目視檢測法具備簡單明瞭、快速、人員訓練較容易等優點，但因檢測方法較為主觀，檢測者需要有一定經驗，否則檢測資料易有偏差；對於新版規範之劣化判定標準，由於多需要近距離量測、儀器量測、原始設計資料等方能達成，已超出目視檢測之範疇，要按此標準需要大量之人力、時間、機具，而以縣市政府目前所能編列之預算難以做到，同時，按規範標準所檢測出之劣化會較過去多非常多，後續追蹤及維修亦會造成縣市政府很大的負擔；再者，新版規範雖詳細，但畢竟無法列出所有現地可能發生之狀況，屆時還是需要依賴檢測人員自身進行判斷。縣市政府承辦人與承攬檢測廠商之訪談意見整理於表 4.6。

表 4.6 縣市政府訪談意見彙整

問題	意見彙整
問題一	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DER&amp;U 在臺灣已經滿成熟，可滿足檢測需求。</li> <li>• DER&amp;U 目視檢測法容易判斷，人員訓練容易。</li> <li>• 可於現場快速辨識橋梁狀況，並有助於後續維修之參考。</li> <li>• 檢結果簡單明瞭又方便篩選，當管理機關在查閱報告的時候，能快速查看。</li> <li>• 檢測方法較為主觀，檢測者需要有一定經驗，否則檢測資料易有偏差。</li> </ul>
問題二	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建議應統一維修工法內容與名稱，現階段橋梁管理系統建議太少。</li> <li>• 檢測結果如何趨近於現況部分可加強。</li> </ul>
問題三	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 附表二之檢查表內容清楚，僅有助無經驗人員辨識橋梁劣化。</li> <li>• 規範所列出之劣化態樣若不夠完整，檢測廠商易以其他損傷代表，反而失真。</li> <li>• 檢測表格紙本資料過多。</li> <li>• 附表三的 U 值欄位可以不用寫，在建議維修工法表格裡填寫即可</li> <li>• 作業繁複，將無法於合約時間內完成檢測。</li> </ul>
問題四	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建議應增加檢測費用，且簡化填表作業，否則新版規範的施行難度過高，再時間壓力下真的難做。</li> <li>• 檢測表單應部分開放，以自由填寫或利用定性說明較為可行。</li> <li>• 建議對轄內橋梁先用附表三作一「目視」安全檢測，若有需要再用附表二進一步檢測。</li> <li>• 檢測人員有習慣使用的表格，用新規範的表格較不方便，建議列常看到之缺失項目即可。</li> </ul>
問題五	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 新版規範標準過細，幾乎難以檢測且需很高的經費，就算檢測出來依標準也難以維修，如 0.1 或 0.2mm 的裂縫該如何修補，最後僅能以粉光方式處理。</li> <li>• 0.2mm 的裂縫目視看不出來，照相也不出來，不好執行。</li> <li>• 裂縫之量測不切實際，根本無法判斷甚至根本無法近距離量測。</li> <li>• 新版規範合理但不可行，如部分橋梁原有設計資料遺失，如何辨識差距，以基礎裸露長度，如何知道原有長度，基礎類別也應該有差異。</li> <li>• R 值判斷有模糊空間。</li> <li>• 部分 U 值是提供一區間，U=3 或 4 代表之意義差距很大，後續應如何辦理維修會難以操作。</li> <li>• 橋梁實際情況非常多種，無法完全按照規範上之內容執行。</li> <li>• 按現行規範一年下來可能會增加一百至二百座應維修之橋梁。</li> <li>• 基礎型式應區分類型分別作評估。</li> <li>• 許多項目需有儀器才能檢測，也無法在現地如此做。</li> </ul>

表 4.6 縣市政府訪談意見彙整(續)

問題	意見彙整
問題六	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 增加定性說明或定性標準，以增加辨識度。</li> <li>• 評定標準過細，些許量測上之誤差便足以影響結果</li> <li>• 建議採用運研所之橋梁目視檢測手冊(草案)。</li> <li>• 簡單且狀況好的橋使用一般(原本)的方式檢測即可，若需要進一步作進階或高級檢測的再用詳細一點的檢測方式。</li> <li>• R 值的判斷建議為一範圍由檢測人員判斷。</li> <li>• 建議訂定規範者，應實際找一座橋實做，計算當橋梁多長，需檢測多少時間。</li> </ul>
問題七	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建議將公路養護規範與公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測頻率統一。</li> <li>• 增加檢測人員訓練內容與時數。</li> <li>• 規範修訂與橋梁管理系統應互相搭配，不然檢測完無法上傳資料。</li> <li>• 增加檢測預算。</li> </ul>

#### 4.2.5 檢測廠商及外部稽核單位主要意見彙整

檢測廠商是橋梁檢測資料正確性之關鍵，而外部稽核單位受交通部委託，針對各縣市橋梁檢測成果進行抽檢，類似於交通部之橋梁檢測廠商，因此在分類上將檢測廠商及外部稽核單位歸在同一類。此分類人員認為 DER&U 目視檢測法行之有年，具備簡潔、快速等優點，但因檢測者需要有經驗、熟悉橋檢作業，對於無經驗人員，其檢測結果無法真實反映橋梁狀況；對於新版規範之劣化判定標準，其中 D=1 原本之定義為良好，現改為良好及輕微裂化，對於檢測人員及看報告之業主亦造成混淆，且與歷史檢測報告不一致；新規範將 ABCDN 及 DER&U 混合在一起，造成現場檢測更加困難、需填寫大量表格、耗費大量時間，檢測成本隨之增加；現行檢測規範之評估準則過於保守，鑑別度不高，而部份劣化判定方式已屬儀器檢測範疇，並需要設計資料才能判定，實際執行上有其困難；對於橋梁狀況，應信任檢測人員的判斷力，能夠將對橋梁安全造成影響之資訊反應給業主。

顧問公司及外部稽核單位以其豐富的現場檢測經驗，提出相當多過去及新版規範在準則上需修正之處，有許多操作面上之細節請詳訪談紀錄。顧問公司及外部稽核單位之訪談意見整理於表 4.7。

表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整

問題	意見彙整
問題一	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DER&amp;U 行之有年，方式較為簡潔，檢測速度快，對於橋梁狀況一目了然，可快速篩選出有問題的橋。</li> <li>• 由檢測人員依經驗進行判斷，判定準則屬定性描述，無法很客觀的進行量化的判斷。</li> <li>• 需要有經驗、很熟悉橋檢的人員去執行檢測，對於無經驗的橋檢人員，檢測結果無法真實反映橋梁狀況。</li> <li>• 需維修部分直接填維修工法，若無備註損傷現象，無法了解實際發生之問題。</li> <li>• 評定標準一致，D=1 之標準定義明確。</li> </ul>

表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整(續 1)

問題	意見彙整
問題一	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各構件僅需記錄劣化情形最嚴重的 DER 評估值，可縮短現場檢測作業及檢測資料登入系統作業之時間，精簡 TBMS 資料庫之結構與儲存量。</li> <li>• 何謂最嚴重(最具代表)之 DER 值，未有明確說明及規定。</li> <li>• 最後計算出來的橋梁狀況指標不夠精準，量化後的意義對不同人來說有差異，缺乏一致性的解讀，相關指標的發展還不夠成熟。</li> </ul>
問題二	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 依據現行規範附表二(一般性橋梁定期檢測表)確實可改善傳統方法僅記錄構件最嚴重的損傷狀態，其他損傷無紀錄之問題。</li> <li>• 建議填寫維修工法時需記錄損傷狀況或原因。</li> <li>• 要累積檢測人員經驗，檢測結果才會較有一致性。</li> <li>• 需要累積足夠的橋梁損傷資料庫，供檢測人員參考。</li> <li>• 建議規範或手冊中增列填寫檢測表格欄位最具代表 DER 值之標準規則。</li> <li>• 各構件之定義及檢測範圍應再進一步釐清，如路堤、路塹如何歸類、版橋之版梁應屬橋面版或大梁等。</li> <li>• 評分標準中，所需量測項目超出目視檢測能力所及者，應再檢討。</li> <li>• 評分標準中應刪除此類不確定性字眼，如「可能...」、「預測...」。</li> <li>• CI 及 PI 在橋梁排序上的代表性較 <math>D \geq 3</math> 且 <math>R \geq 3</math> 弱。</li> </ul>
問題三	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現場檢測時不會把規範裡的表格帶出去，只會帶平面圖去標示缺失，回辦公室再將構件最嚴重之劣化的 DER&amp;U 值填入檢測表。</li> <li>• 現場很難填寫大量紙本表格，需耗費大量時間，檢測成本會增加。</li> <li>• 附表二中各構件 D、E 評估值綜合判定之方法未明確說明。</li> <li>• 附表二將所有構件及劣化樣態分別逐項評分，有利於較不具經驗之檢測員進行檢測工作，但較無法辨別檢測上的輕重緩急。</li> <li>• 最終填入 TBMS 系統者仍為綜合判定結果(附表三)，附表二之填寫可能流於形式。</li> <li>• 若要將所有表格印成紙本報告，數量會非常驚人。</li> <li>• 附表三各構件 DER 值後方增加之 U 值，其用意為何？與建議維修工法之 U 值是否有關聯？兩處 U 值重複性過高易混淆。</li> <li>• 附表二、三尚未針對特殊橋客製化。</li> <li>• 新規範 D=1 代表構件狀況良好或微損傷，將劣化程度分級較細，可幫助紀錄及追蹤較細微的損傷劣化變化，但與傳統準則不同，恐造成 TBMS 內資料具兩套標準。</li> <li>• 新規範主文中 D=1 代表構件狀況良好，但於解說中 D=1 又代表各種微損傷，前後標準不一。</li> <li>• 各種損傷樣態全面性的檢測，可幫助橋梁管養單位擬定橋梁維修策略，一次將各種損傷劣化整併發包修復。</li> <li>• 可能增加外部稽核作業及評鑑之困難度，並衍生較多的爭議項目。</li> </ul>

表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整(續 2)

問題	意見彙整
問題四	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現行之規範將 ABCDN 及 DER&amp;U 混合在一起，反造成現場檢測更加困難。</li> <li>• 針對現行規範，應建立電子化作業或開發 APP，協助人員進行填寫，減少作業時間。</li> <li>• 可按主要、次要構件分表填列，分開評分。</li> <li>• 附表二 D、E 評估值綜合判定之方式應明確，建議以各劣化樣態 D 值最嚴重為主。</li> <li>• 附表二第 21 項「其他」，建議不再細分構件。</li> <li>• 附表二應區分為整橋構件(第 1~11、21 項)、逐跨構件(第 12~20 項)等兩份表格。</li> <li>• 附表二下方簽名處「檢查人員」與附表三「檢測員」是否為同一人？如是，建議統一名稱為「檢測員」。</li> <li>• 建議統一劣化程度 D 值之評定準則(D=1 均代表構件狀況良好)。</li> </ul>
問題五	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D=1 是良好但有時候又容許有輕微劣損，對剛接觸橋梁檢測之人員易造成混淆。</li> <li>• 現場需要量測之項目太多，以目前國內各機關的檢測費用沒有辦法做到新版規範之要求。</li> <li>• 0.05mm 之裂縫需距離 1 公尺內才可能以肉眼看到，0.1mm 之裂縫需在 2 公尺內才能以肉眼看到，裂縫並非從頭到尾都一樣寬，應以何處之寬度為該裂縫之代表，要在現場逐條裂縫量測有其困難。</li> <li>• 細微的裂縫用相機很難拍出來，若要拍出裂縫的分布，需要遠離構件，便拍不出裂縫，只能用粉筆先把裂縫描繪出來。</li> <li>• 現行檢測規範之評估準則過於保守，可能剛新建完成的橋梁便有 D=4 之裂縫，鑑別度不高。</li> <li>• 僅以裂縫寬度、間隔為判斷依據，對於裂縫長度、深度卻未著墨。</li> <li>• 部分狀況被評斷為劣化後，並無適用之維修工法，例如過於細小之裂縫無法有效填補。</li> <li>• 鋼筋外露基本上都會銹蝕，D 值已經達到 3，外露長度很容易超過 50cm，D 值就要填到 4，但更嚴重的狀況就無法區分出來。</li> <li>• 現場不可能翻查圖表，若要把這些圖表記在腦中，跟檢測人員的素質有關，同時規範所附之裂縫圖亦無法包含現場所有之裂縫走向。</li> <li>• 部份橋梁只能利用半夜進行橋面上構件的檢測，對於細小的劣化很難判斷。</li> <li>• 水中結構物無法按此標準執行。</li> <li>• 檢測工具尚未到位。</li> <li>• 構件變形之判定準則為「變形量大於規範之容許值」，但檢測員未必知悉規範之容許值，設計圖說亦未必標示。</li> <li>• 部份準則語意不明確，如「少許」、「若干」、「顯著」、「有異常聲音」等。</li> <li>• 沉陷量必須經由測量儀器長期量測比對，非目視檢測作業可評估。</li> <li>• 基礎裸露的判定標準，在基礎設計深度未知情況下難以判讀。</li> <li>• U 值有多處 2~3、3~4 等模擬兩可評估值。</li> </ul>

表 4.7 顧問公司及中華顧問工程司訪談意見彙整(續 3)

問題	意見彙整
問題五	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各項劣化樣態與附表二、附表四~十三所列不一致。</li> <li>• 劣化樣態及評估標準缺漏，如橡膠支承墊、隔震支承、其他。</li> <li>• 「RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔小於 50cm」或「RC 結構物裂縫寬度大於 0.3 mm (含)，且間隔大於 50cm」，即給予 R 等於 4 之評估等級，似乎過於嚴格。</li> </ul>
問題六	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 新規範標準訂得很細，有統一的標準，不會依個人經驗有不同的判斷標準，但就要翻很多的資料，現場作業變得很複雜，失去了原本 DER&amp;U 的精神。</li> <li>• 應該信任檢測人員的判斷力，將劣化是否會對橋梁安全造成影響等資訊反應給業主。</li> <li>• 應有一總體性的判斷標準，除了各構件的評等還有上部結構、下部結構等統合性的判斷。</li> <li>• 建議能有完整的學術基礎或說明如何將 ABCDN 轉換成 DER&amp;U。</li> <li>• 建議考量現行經費與人力問題，深入討論現行規範之經費編列與方法等，若要推行，建議調整檢測頻率或增加經費。</li> <li>• 可以改變目前規範適用的橋梁，檢測作業有不同輕重緩急。</li> <li>• 現行規範有關劣化之量化過於精細，建議應簡化或以定性說明即可，提高其操作性。</li> <li>• 評估出來之結果要有效且有鑑別度。</li> <li>• 應盡可能減少需儀器檢測結果或原橋梁設計資料才可判定的準則。</li> <li>• 對於需原設計資料才可判讀的項目，建議增列當無法取得設計資料時，依據的判定標準條文。</li> <li>• 現行規範屬於相同損傷劣化樣態 (例如: 混凝土結構物劣化、支承生鏽及腐蝕等項目) 之劣化程度評定標準應趨於一致。</li> <li>• 對於檢測項目的認定、檢測範圍、填表方式等，應給予更詳細明確的說明。</li> <li>• D 與維護管理形成對應關係，不須查表即可進行判定，亦利於橋梁管理機關快速判讀。</li> <li>• 檢測資料及報告增加，除了檢測負擔外，後續檢視或檢查的負擔也增加。</li> </ul>
問題七	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 檢測規範與 TBMS 應互相搭配。</li> <li>• 混凝土與鋼結構橋梁之檢測規範應統一。</li> <li>• 混凝土氯離子含量檢測法(d)「...混凝土最大水溶性氯離子含量不得超過 0.3kg/m<sup>3</sup>」，建議參考最新 CNS3090 規定修訂為 0.15 kg/m<sup>3</sup>。</li> </ul>

#### 4.2.6 交通部及專家學者主要意見彙整

交通部及專家學者包含陳柏源技正、王瑞麟技師、林安彥先生及國震中心陳俊仲博士。專家學者們認為 DER&U 目視檢測評估法為一快速、操作性高，且有利現場作業，但偏重檢測員個人的主觀評估，較難達到客觀的評估，檢測人員需要 3 到 5 年之經驗；新規範採 DER&U+ABCDN 之方式，已失去原有 DER&U 的精神，造成檢測時間增加而使得成本變高；新規範所定的劣化評估多需要近距離

測量，以現行人力很難達成，面對無法近距離量測之景況，等於無法做出評估，同時過於保守之量化值反造成檢測結果失去鑑別度，可能僅會出現 D=4 或 1 之狀況；新規範之量化指標，所採用之學理方法仍待精進，針對相關權重或項目關聯性應進一步持續研究訂定修正；針對規範修訂方向之看法，部份專家建議回到過去 DER&U 之方式，以現場能操作為出發點修訂規範，另外，部頒規範應為一般性、原則性的規定，規範之解說不應與主文具同等地位，解說是參考用，不具強制力，執行面由養護機關自行制定養護手冊。交通部及專家學者之訪談意見整理於表 4.8。

表 4.8 交通部及專家學者訪談意見彙整

問題	意見彙整
問題一	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DER&amp;U 目視檢測評估法是一快速評估方法，操作性高，有利現場作業。</li> <li>• 偏重於檢測員個人的主觀評估，較難達到客觀的評估，此方法人力經驗差異明顯。</li> <li>• DER&amp;U 的等級可滿足臺灣檢測需求。</li> <li>• 檢測成果無法具體呈現各橋梁優選排序之鑑別資訊。</li> </ul>
問題二	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 檢測員需要有 3~5 年之經驗。</li> <li>• 應配合維修作業一併考量，尤其指數計算跟維修排序等。</li> <li>• 檢測人員應參考具體的定量及定性描述資訊，讓檢測作業紀錄標準化，避免過於主觀。</li> <li>• 應將耐震、耐洪或沖刷潛勢等影響因素，綜合納入橋梁結構安全和服務性考量。</li> </ul>
問題三	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 若要採 ABCDN 之評估方法，就完全按照 ABCDN 的格式填寫評估表，不需硬把 ABCDN 套到 DER&amp;U 的表格。</li> <li>• 新版規範量化標準具有一定辨識或對照基準，內容清楚。</li> <li>• 可有效避免檢測作業疏漏，提高記錄樣態之可靠性。</li> <li>• 操作程序複雜，部分資訊辨識與填寫作業難度高，且檢查時間太長。</li> <li>• 執行檢測作業大都需參閱規範附表，增加傳統現地紙本文件作業之困難度。</li> <li>• 表格作業與查表作業增加工作負擔，已失去原有 DER&amp;U 的精神，而且檢測成本太高，不利施行。</li> <li>• 將現行相關耐震評估表、耐洪或沖刷潛勢評估表等紀錄項目，綜合納入橋梁結構安全和服務性考量。</li> </ul>
問題四	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可參考中國大陸之做法，先針對橋梁各構件進行評定，然後對橋梁各部件進行評定，再對橋面系、上部結構和下部結構進行評定，最後進行橋梁總體技術狀況評定。</li> <li>• 檢測評估方式應簡化，朝一種單一性的評估方式修訂。</li> <li>• 檢測與評估分兩階段進行，檢測完後再進行評估，檢測人員及評估人員之資格要求不同。</li> <li>• 應考量實際操作現況，否則無法執行。</li> <li>• 先從主要項目下手，從整體缺失開始檢測，再到細項檢查。</li> </ul>

表 4.8 交通部及專家學者訪談意見彙整(續 1)

問題	意見彙整
問題四	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可透過電子化及行動裝置輔助外業檢測。</li> <li>• 建議回到過去 DER&amp;U 之方式，應以現場能操作為出發點。</li> <li>• 針對特殊橋梁或結構類型，透過系統將結構構件及檢測項目模組化，提供具擴充性及更彈性的檢測項目架構，以及訂定對應檢測量化及定性標準。</li> </ul>
問題五	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 操作太繁複，在實際操作上是有困難的，檢測人員需要經過更長時間的訓練。</li> <li>• 評估標準太過保守，未來可能僅會出現 D=4 或 1，失去鑑別度。</li> <li>• 規範要透過實地的驗證與測試才能知道是否合理可行。</li> <li>• 要使用裂縫尺進行裂縫量測，需要近距離接觸結構物，以現行之人力及經費很難落實。</li> <li>• 裂縫應該考量是否持續劣化。</li> <li>• 量化標準太細其實並無實質意義，尤其是無法量測或辨識時，細分等級便無意義。</li> <li>• 部分劣化樣態、定量和定性劣化程度評估值，完整性及標準化還需強化。</li> <li>• 目前評估作業之量化指標，所採用之學理方法仍待精進，針對相關權重或項目關聯性應進一步持續研究訂定修正。</li> <li>• 無經驗傳承的考量。</li> <li>• 應該要考慮後續是否能維修，否則檢測就失去意義。</li> </ul>
問題六	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 規範之解說不應與主文具同地位，解說是參考用，不具強制力。</li> <li>• 部頒規範為一般性、原則性的規定，執行面由養護機關自行制定養護手冊。</li> <li>• 現行規範之解說可供各機關訂定養護手冊時參考。</li> <li>• 未來規範若要修訂，則「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97 年)、「公路養護規範」(101 年)及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104 年)要一起修訂。</li> <li>• 量化標準是否真的具足夠代表性，是否真的有鑑別度，應再深入檢討與比較。</li> <li>• 建議由過去 DER&amp;U 之精神與理論下手，修正才合理，將 ABCDN 直接導入，不見得合適。</li> <li>• 如果要執行新版規範，檢測頻率應適度修正。</li> <li>• 若要導入日本檢測方法，建議應全套引進，如規範、檢測工具、檢測方法、經費、時間等。</li> <li>• 可持續改善劣化樣態、定量和定性劣化程度評估值之項目資料庫內容，讓檢測紀錄成果盡量客觀及標準化。</li> </ul>

表 4.8 交通部及專家學者訪談意見彙整(續 2)

問題	意見彙整
問題七	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有關橋梁定期檢測時機、頻率、人員資格等，在「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97 年)、「公路養護規範」(101 年)及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104 年)中之規定有些許出入，建議研究單位對此提出看法及建議。</li> <li>• 應從橋梁管理系統下手，讓系統來輔助現場檢測，將該有資訊納入即可。</li> <li>• 未來應開放其他檢測方法，持續提升檢測能力。</li> <li>• 規劃檢測人員資格認定辦法，提升整體檢測能力，將檢測經驗有效傳承。</li> <li>• 檢討目前橋梁檢測業務的預算單價是否合理。</li> <li>• 各單位橋梁檢測人力也應該適才適所，建議可採專任人員。</li> <li>• 近年已有許多創新的橋梁檢測工具因應科技技術而產生，傳統人工目視檢測作樣方式勢必配合新技術轉型。</li> <li>• 政府可設置專責橋梁設計、施工及養護等工作之單位部門或相關代表性之機構。</li> </ul>

### 4.3 小結

透過 20 個單位，共計 34 位專家訪談，本研究已彙整各方之意見，各單位對檢測規範皆有不同程度之期許與建議，尤其第一線執行橋梁檢測之人員，多認為 104 年版規範對裂化之評定標準及操作方法過於保守與繁複，不僅增加人力負擔，對於檢測結果之鑑別度存有疑慮。綜整各方之重要意見如下：

#### 一、傳統 DER&U 方法之修訂建議

1. 檢測人員應有足夠專業訓練並累積經驗，檢測結果才會較有一致性。
2. 檢測人員應參考具體的定量及定性描述資訊，讓檢測作業紀錄標準化，避免過於主觀。
3. 應將耐震、耐洪或沖刷潛勢等影響因素，綜合納入橋梁結構安全和服務性考量。
4. 由於維修工法過多，後續應統一工法內容與名稱。

#### 二、新版規範執行之困難與建議

1. 規範的劣化程度評估標準，所需量測項目超出目視檢測能力所及，應減少需儀器檢測之項目。裂縫寬度量測需細至 0.05mm，有執行上之困難。沉陷量必須經由測量儀器長期量測比對，非目視檢測作業可評估。
2. 多數量測值皆需近距離量測，以現行機具、成本與時程要求幾乎無法達成，執行難度過高。建議應減少量化門檻，以定性門檻為標準。
3. 鐵路檢測無法使用橋檢車，加上營運考量，檢測時間與品質受限，近距離量測與檢察根本無法執行。
4. 量化標準是否過於保守，劣化程度反而不利辨識，出現裂縫就是 D=3 或 4，失去鑑別度。判定為劣化後，應考慮後續是否能維修，否則檢測就失去意義。

5. 特殊構件及較少見之劣化態樣並未列於規範中，檢測人員將難以判定。
6. 構件變形之判定準則為「變形量大於規範之容許值」，但檢測員未必知悉規範之容許值，設計圖說亦未必標示；基礎裸露的判定標準，在基礎設計深度未知情況下難以判讀。建議增列當無法取得設計圖說等資料時的判定標準條文。
7. R 值判斷有模糊空間，部分 U 值是提供一區間(如 U=3 或 4 代表之意義差距很大)，後續如何辦理維修難以操作，建議改回由檢測人員判斷。
8. 引進國外規範，應將該規範配套措施一併導入，如訓練制度、檢測成本規劃、使用工具限制等。
9. 依目前經費編列及廠商執行能力，要全數近距離檢測或利用橋檢車，其難度高且費用高，建議應改變檢測頻率或增加對應成本。
10. 建議應就橋梁特性與重要性進行分級，並針對重要部位或構件漸進式導入規範檢測要求，後續更應明訂災害等級與對地方之影響，避免增加檢測負擔。
11. 檢測週期與頻率應適度拉長，才能依據規範將所有劣化問題與相關內容詳實記錄，否則規範流於形式，操作性較低。
12. 現行規範先做為參考即可，實際執行建議先維持傳統方法，可依各機關狀況調整內部檢測手冊。
13. 部頒養護規範為一般性、原則性的規定，執行面由養護機關自行制定養護手冊。
14. 規範應以實務操作為基礎，將檢測標準及方法合理化，減少第一線人員負擔。

### 三、其他建議

1. 建立長期且完整的培訓制度，辦理現地橋梁檢測示範教學，加強檢測人員及承辦工程司之專業能力，並建立橋檢人員資格認證制度(含回訓)。
2. 橋梁與規範應進行分級，分層施行才能發揮管理效益。
3. 有關橋梁定期檢測時機、頻率、人員資格等，在「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97 年)、「公路養護規範」(101 年)及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104 年)中之規定有些出入，應一並修訂。
4. 要落實現行規範之檢測方法與紀錄方式，橋梁管理系統與規範應互相搭配，以俾檢測員建置檢測資料與成果，詳實記錄與全面呈現橋梁之各種狀態。
5. 檢討目前橋梁檢測業務的預算單價是否合理，並適度提升檢測預算。
6. 建議橋梁新建完成後，於驗收前便進行橋梁檢測，並將檢測紀錄列為驗收項目之一。



## 第五章 實地橋梁檢測及評估

### 5.1 實地測試橋梁及分組

本研究挑選桃園市境內 3 座混凝土橋梁進行實地檢測，因研究案時間及經費有限，因此挑選 3 跨以內之橋梁，同時可以簡單之工具(如鋁梯)近距離檢測橋梁各構件，所選出之橋梁清單如表 5.1 所示，分別為舊路村十一鄰橋、田溪一號橋及老街溪南下橋，結構型式包含梁式橋、箱型橋及版橋。

表 5.1 實地檢測橋梁清單

NO	橋梁名稱	所在地區	構造簡述	橋梁照片
1	舊路村十一鄰橋	桃園市龜山區 (振興路 1089 巷)	兩跨混凝土版橋+單跨混凝土梁式橋  總長 14.89M	
2	田溪一號橋	桃園市大園區 (照鏡 23 之 2 號)	三跨混凝土梁式橋  總長 34.99M	
3	老街溪橋(南下)	桃園市中壢區 (113 線 13K + 200M)	兩跨箱型橋  總長 109.2M	

本次檢測分為 A、B、C 三組，每組人員均使用不同之規範檢測表 5.1 中所列的三座橋，並計算現地檢測時間及內業整理表格之時間，由於單純比較不同規範之差異，因此檢測結果並未輸入我國橋梁管理系統，因此花費時間亦不包含輸入系統之時間。各組之成員及使用規範如表 5.2 所示。

表 5.2 實地檢測分組及使用之規範

組別	人員	使用規範
A	曾楚軒、張家偉、張欣旻	傳統之 DER&U 檢測方法
B	簡子皓、潘定宏、黃瑄博	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範
C	廖先格、洪鈺芝	日本高速道路公司(NEXCO)保全点檢要領 構造物編
其他	陳明正教授(指導)、張榮安(側拍紀錄)	

## 5.2 公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範操作流程

由於 104 年頒「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」在填寫之檢測表格以及對 D、E、R、U 的判斷上較為複雜，因此以一橋台裂縫為範例說明如何使用 104 年版規範進行檢測並填寫檢測表。

一、於橋台發現一混凝土裂縫。



圖 5.1 近端橋台發現裂縫

二、以裂縫尺測量其寬度，並確認四周是否有其他裂縫，若有其他裂縫則需再量測裂縫間之间距。



圖 5.2 以裂縫尺量測裂縫寬度

三、依「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-76 頁之表 C3.3.1(如表 5.3 所示)得到 D 值。

表 5.3 鋼筋混凝土結構物劣化程度評估表(部份)

檢查項目	劣化程度	D 值
裂縫之 1:	• 無裂縫。	1
適用於 RC 結構物及 PC 結構物	• RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm, PC 結構物裂縫寬度小於 0.1mm, 且間隔大於 50cm。	1
	• RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm, PC 結構物裂縫寬度小於 0.1mm, 且間隔小於 50cm。	2
	• RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm(未滿), PC 結構物裂縫寬度介於 0.1 mm (含)~0.2mm(未滿), 且間隔大於 50cm。	3
	• RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm(未滿), PC 結構物裂縫寬度介於 0.1 mm (含)~0.2mm(未滿), 且間隔小於 50cm。	3
	• RC 結構物裂縫寬度大於 0.3 mm (含), PC 結構物裂縫寬度大於 0.2 mm (含), 且間隔大於 50cm。	4
	• RC 結構物裂縫寬度大於 0.3mm(含), PC 結構物裂縫寬度大於 0.2mm(含), 且間隔於小 50cm。	4

四、測量裂縫長度, 依「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-62 頁之表 C2.4.1(如表 5.4 所示)得到 E 值。

表 5.4 橋梁構造物檢測評定準則

	0	1	2	3	4
D	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損壞
E	無法檢測	0 ~ 10%	10% ~ 30%	30% ~ 60%	60% ~ 100%
R	無法判定重要性	微	小	中	大
U	無法判定急迫性	例行維護	3 年內維護	1 年內維護	緊急處理維護

五、將 D 及 E 值填入「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-69 頁之表 C3.2.1「混凝土裂縫」後方(如表 5.5 所示)。

表 5.5 一般性橋梁定期檢測表(部份)

項次	檢測項目	劣化樣態	判定及其說明		照片編號	綜合判定及其說明		
			D	E		說明	D	E
6	橋台	遠端	橋台傾斜、移動、沉陷					
			混凝土裂縫	4	2	長 30cm, 寬 1.5mm	6-1	
			混凝土剝落					
			混凝土空洞(或蜂窩)					

六、檢視橋台是否有其他劣化態樣, 並將其 D 及 E 值填入「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-69 頁之表 C3.2.1 中, 並填寫綜合判定(如表 5.6 所示)。

表 5.6 一般性橋梁定期檢測表(部份)-含綜合判定

項次	檢測項目	劣化樣態	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	
6	橋台	遠端	橋台傾斜、移動、沉陷	1		6-1	4	2	以混凝土裂縫為構件劣化之代表	
			混凝土裂縫	4	2	長 30cm, 寬 1.5mm				6-2
			混凝土剝落	1		6-3				
			混凝土空洞(或蜂窩)	2	4	6-4				

七、將「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」表 C3.2.1 中綜合判定之 D、E 值填入表 C3.2.2 所對應之構件中(如表 5.7 所示)。

表 5.7 一般性橋梁檢測狀況評估表(部份)

檢測項目		評估值				檢測項目	評估值				檢測項目	評估值			
		D	E	R	U		D	E	R	U		D	E	R	U
1. 引道路堤	遠端					5. 橋台基礎	遠端				9. 排水設施				
	近端						近端	4	2						
2. 引道護欄	遠端					6. 橋台	遠端				10. 緣石及人行道				
	近端						近端								

八、依「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-85 頁之表 C3.3.11(如表 5.8 所示)得到 R 為「e」、U 為 3~4。

表 5.8 劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響程度及構件維修急迫性之評估(部份)

檢測項目	劣化樣態	劣化現象	R	U
6. 橋台	混凝土裂縫	· RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，且間隔大於 50cm	b	1
		· RC 結構物裂縫寬度小於 0.2mm，且間隔小於 50cm	c	2
		· RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔大於 50cm。	d	2~3
		· RC 結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔小於 50cm。 · RC 結構物裂縫寬度大於 0.3 mm (含)，且間隔大於 50cm · RC 結構物裂縫寬度大於 0.3mm(含)，且間隔於小 50cm	e	3~4

九、依「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-122 頁之圖 C3.3.14(如圖 5.3 所示)判斷，現場所發現之裂縫屬於⑧。

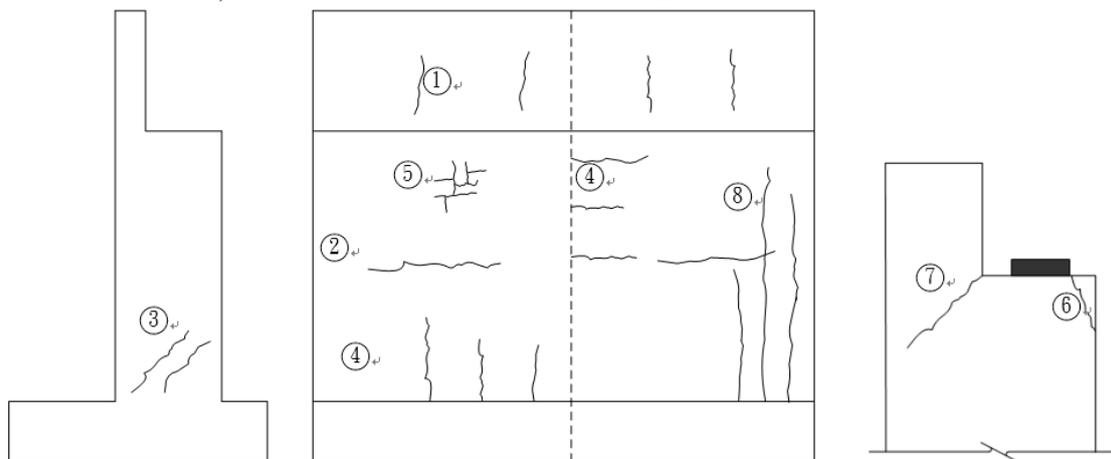


圖 5.3 橋台立面及側視圖

十、依「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-96 頁之表 C3.3.13 判斷，將「⑧不均勻沉陷引致之垂直裂縫」與「e」對應得到 R 值為 4 (如表 5.9 所示)。

表 5.9 鋼筋混凝土橋梁下部結構裂縫劣化現象對橋梁結構安全性與使用性之影響度程度(部份)

橋梁型式	損傷位置	裂縫說明	R 值			
			b	c	d	e
橋台 (圖 C3.3.14)	橋台	① 規則性之垂直裂縫	1	2	3	4
		② 斷筋位置附近之水平裂縫	1	2	3	4
		③ 斜向剪力裂縫	2	3	4	4
		④ 垂直於施工縫之裂縫	1	2	3	4
		⑤ 網狀裂縫	1	2	3	4
		⑥ 支承附近裂縫	1	2	3	4
		⑦ 背牆底部裂縫	2	3	4	4
		⑧ 不均勻沉陷引致之垂直裂縫	2	3	4	4

十一、將 R 及 U 值填入「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」表 C3.2.2 所對應之構件中(如表 5.10 所示)。

表 5.10 一般性橋梁檢測狀況評估表(部份)-含 R 及 U 值

檢測項目	評估值				檢測項目	評估值				檢測項目	評估值			
	D	E	R	U		D	E	R	U		D	E	R	U
1. 引道路堤	遠端				5. 橋台基礎	遠端				9. 排水設施				
	近端					近端	4	2	4		3			
2. 引道護欄	遠端				6. 橋台	遠端				10. 緣石及人行道				
	近端					近端								

十二、參考「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」C-129 頁圖 6.4.1(如圖 5.4 所示)選擇混凝土裂縫之維修工法。

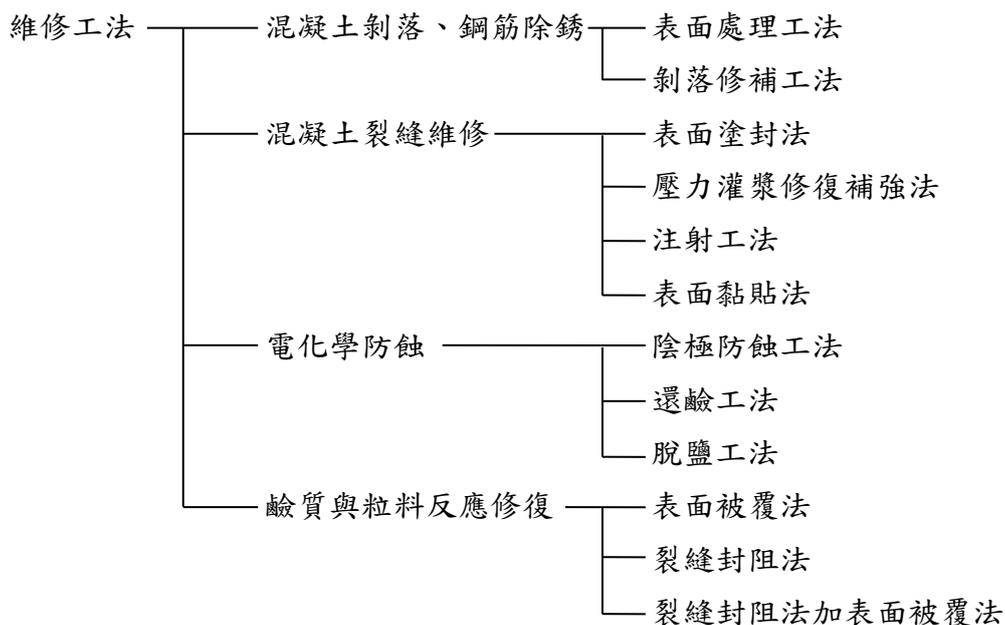


圖 5.4 維修工法分類

十三、將建議維修工法填入「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」表 C3.2.2 下方之維修項目及工法中(如表 5.11 所示)。

表 5.11 一般性橋梁檢測狀況評估表(部份)-建議維修工法

項目	位置	維修項目及工法	數量	單位	急迫性	附註
6. 橋台	A01	壓力灌漿修復補強法	0.3	公尺	3	裂縫寬度 1.5mm

十四、製作構件劣化照片及說明(如表 5.12 所示)，由於此部份規範中並無提供參考表格，本研究係參考「我國橋梁管理資訊系統」所列印出之檢測照片表格格式製作。

表 5.12 檢測照片及說明

	構件名稱	橋台	拍照日期	2016/10/14
	位置	橋台	橋台/墩/孔編號	A01
	照片說明	A1 橋台裂縫 0.3M*1.5MM(近遠照)。		
				

### 5.3 實地測試成果

本研究所派 A、B、C 三組人，於民國 105 年 10 月 14 日進行三座橋之現地檢測，每組各自獨立檢測，自行紀錄每座橋開始及結束時間，如圖 5.5 所示，現地檢測過程如圖 5.6 至 5.8 所示。各組於現地檢測完成後，各自回辦公室整理檢測報告，並計算開始整理照片至檢測報告整理完成之時間，各組所花費之時間整理於表 5.13，若以 A 組為基準，則使用 104 年版規範之 B 組所花費之總時間為 A 組之 2 倍，C 組之時間建議僅為參考用，畢竟研究團隊之檢測人員對於日本之檢測方式不熟悉，在檢測項目及表格填寫上不一定符合日本實際之作業方式。

比較 A 組及 B 組在現地檢測所花費之時間，B 組較 A 組多 10 至 20 分鐘，由於 A 組及 B 組均有針對劣化進行量測，而 B 組成員認為在現場翻查規範並填

寫紙本表格是不太可行之作法，因此採現場拍照紀錄並量測裂縫寬度及混凝土裂化範圍，俟回辦公室後再依照片及劣化之量測值翻查規範，因此 B 組現場檢測較長之主因在於核對規範所劣之劣化態樣；在整理表格所花費之時間，B 組為 A 組之 2 倍，可知如 5.2 節所述之翻查規範(所需參考之表格總數達 26 張)，再將對應之 D、E、R、U 值填入檢測表格之過程較傳統之方式繁複許多。值得一提的是，C 組採用現場翻查規範並填寫紙本檢測表之方式，因此現地花費時間較 B 組更多，可以推測若 B 組也採現場翻查規範並填寫紙本檢測表之方式，所花費之檢測時間應不亞於 C 組。

另外，本次實地檢測有無法檢測(測量)之項目，包含：(1)三座橋之沉陷量(需儀器檢測及原始高程)、(2)老街溪橋箱梁內部、(3)老街溪橋 S1 箱梁(橋下淨高過高，需橋檢車)以及(4)老街溪橋 P1 支承(橋下淨高過高，需橋檢車)。若需使用橋檢車，可預知現地檢測時間將再增加，而沉陷量部份除需要儀器外，更需要長期紀錄，僅一次之目視檢測無法得知橋梁是否沉陷。



圖 5.5 檢測作業開始時間(左)及檢測完畢時間(右)



圖 5.6 舊路村十一鄰橋檢測過程



圖 5.7 田溪一號橋檢測過程



圖 5.8 老街溪橋(南下) 檢測過程

表 5.13 各組檢測花費時間

NO	橋梁名稱	橋長 (M)	橋孔 數	檢測 組別	花費時間(分鐘)				檢測報告
					現地 檢測	表格 整理	總費 時	一跨 費時	
1	舊路村十一 鄰橋	14.89	2	A 組	45	145	190	95	附冊十五
				B 組	55	363	418	209	附冊十六
				C 組	82	154	236	118	附冊十七
2	田溪一號橋	34.99	3	A 組	45	165	210	70	附冊十八
				B 組	55	365	420	140	附冊十九
				C 組	90	250	340	113.3	附冊廿
3	老街溪橋 (南下)	113.6	2	A 組	45	150	195	97.5	附冊廿一
				B 組	65	358	423	211.5	附冊廿二
				C 組	77	197	271	135.5	附冊廿三

更進一步檢視各組之檢測報告，發現同樣之劣化，B 組所得到之 D、E、R、U 值均較 A 組為高，以舊路村十一鄰橋為例，該橋因有擴建，在 A1 橋台、新舊橋台接合處有一道裂縫，如圖 5.9 所示，經量測後得到該裂縫寬 1.4 至 1.5mm，長度為 30cm，如圖 5.10 所示，按 104 年規範，A1 橋台之 D、E、R、U 值分別為 D=4、E=2、R=4、U=3，但 A 組所評估之 D、E、R、U 值分別為 D=2、E=2、R=2、U=2，而推究裂縫生成之原因，主要為新舊混凝土接合處原本就存在施工縫，而新舊橋台實際上為兩個結構物，完工後經車輛碾壓而產生些微之錯動或沉陷亦有可能，若裂縫無繼續擴大，則對橋梁安全不致造成影響，但在 104 年規範之框架下，檢測人員已失去判斷的空間，明知狀況沒有這麼嚴重，卻僅能依規範之標準填出 D=4 且 R=4 之構件劣化評估值。



圖 5.9 舊路村十一鄰橋 A1 橋台



圖 5.10 舊路村十一鄰橋 A1 橋台裂縫寬度量測

另外，有關 C 組之檢測，因研究團隊之檢測人員是第一次以日本 NEXCO 之檢測方式進行檢測，在檢測項目、評估準則及表格填寫上尚未熟悉，在現場檢測時需不斷翻查規範之表格，檢測進度緩慢，經三座橋之實測後，對於 NEXCO 之檢測方式歸納出以下幾點：

1. 在現場翻查規範、圖表非常困難，尤其在檢測過程中，檢測人員除了需

要查看橋梁何處有劣化，還需要注意自身立足點之安全，檢測過程中可能會飄雨、上方橋梁可能滴水、偶有強陣風、光線不足等，要手持規範翻查並不容易。

2. 規範不可能詳列所有劣化態樣，NEXCO 之規範並沒有想像中的詳盡，在三座橋檢測過程中有發現不少劣化，但在 NEXCO 規範中並未提到，因此不知該如何進行各別判定，最後僅能由檢測人員自行判定。
3. 依 NEXCO 之規定(可參考 2.2.2 小節)，針對構件先進行個別判定，再進行健全度評估，最後需填寫國土交通省之健全性診斷表，然而於 NEXCO 規範中並未發現健全度評估之表格，因此 C 組最後完成之檢測報告僅有 NEXCO 之個別判定表格及國土交通省之健全性診斷表。

三組所使用之檢測方法比較整理於表 5.14，A 組使用傳統之 DER&U 檢測法，現場檢測速度快，報告表格數量少，後續整理時間亦較短，給予檢測人員判斷劣化嚴重程度之空間；B 組使用 104 年規範進行檢測，因填寫表格數量多，檢測加整理報告所花費之時間較長，檢測人員需依規範之準則評估構件之劣化程度，依檢測結果來看，104 年規範對於劣化判定較為保守，同時若要能夠全面量測劣化處之尺寸，勢必需要橋檢車或其他工具之輔助；C 組使用日本 NEXCO 之規範進行檢測，其優缺點與 B 組相近，但填寫之表格較 B 組少，因此整理報告所花費之時間較 B 組少一些，然而對於現場發現規範未載之劣化態樣時，檢測人員會不知如何填寫，最終還是需要由檢測人員自行判斷。

表 5.14 各組檢測方法比較

組別	檢測表格	評估方法	判定標準	優點	缺點
A 組	1 張矩陣式表格	DER&U	檢測人員判斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 速度較快</li> <li>• 規範未明訂之劣化依檢測人員判斷填寫</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不同檢測人員之判斷結果有差異</li> </ul>
B 組	1 張矩陣式表格 5 張檢查表	DER&U +ABCDN	依表格所述判斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 較詳細</li> <li>• 不同檢測人員之判斷結果較一致</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 較費時</li> <li>• 規範未明訂之劣化造成填寫困擾</li> <li>• 評估結果較保守</li> <li>• 需橋檢車等特殊設備</li> </ul>
C 組	2 張條列式表格	個別判定(NEXCO) +健全性診斷(國土交通省)	依表格所述判斷 檢測人員判斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 較詳細</li> <li>• 不同檢測人員之判斷結果較一致</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 較費時</li> <li>• 規範未明訂之劣化造成填寫困擾</li> <li>• 需橋檢車等特殊設備</li> </ul>

## 5.4 小結

本研究實地檢測桃園市境內 3 座混凝土橋梁，分別為舊路村十一鄰橋、田溪一號橋及老街溪南下橋，結構型式包含梁式橋、箱型橋及版橋。分 A、B、C 三組檢測隊，分別使用傳統之 DER&U 檢測方法、104 年版公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範，以及日本高速道路公司(NEXCO)保全点檢要領 構造物編進行檢測。

A 組使用傳統之 DER&U 檢測法，現場檢測速度快，報告表格數量少，後續整理時間亦較短，給予檢測人員判斷劣化嚴重程度之空間；B 組使用 104 年版規範進行檢測，因填寫表格數量多，檢測加整理報告所花費之時間較長，檢測人員需依規範之準則評估構件之劣化程度，同時若要能夠全面量測劣化處之尺寸，勢必需要橋檢車或其他工具之輔助；C 組使用日本 NEXCO 之規範進行檢測，其優缺點與 B 組相近，但填寫之表格較 B 組少。比較各組所花費之總時間，若以 A 組為基準，則使用 104 年版規範之 B 組所花費之總時間為 A 組之 2 倍，C 組之時間則為 A 組之 1.2~1.6 倍。

依檢測結果來看，104 年規範對於劣化判定較為保守，對於同樣之劣化，B 組所得到之 D、E、R、U 值均較 A 組為高，以舊路村十一鄰橋 A1 新舊橋台接合處之裂縫為例，該裂縫寬 1.4 至 1.5mm，長度為 30cm，按 104 年規範，B 組所填寫 A1 橋台之 D、E、R、U 值分別為 D=4、E=2、R=4、U=3，但 A 組所評估之 D、E、R、U 值分別為 D=2、E=2、R=2、U=2，該裂縫對橋梁安全不致造成影響，但在 104 年規範之框架下，檢測人員卻僅能依規範之標準填出 D=4 且 R=4 之構件劣化評估值。



## 第六章 橋梁檢測規範評估內容修訂建議

### 6.1 規範主文差異需修訂處

現行橋梁檢測規範中，97 年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」雖針對不同類型之橋梁，然而在橋梁方面之差異僅在於主要結構，如大梁及橋墩，之材質差異，但仔細檢視兩本規範，除去鋼結構與混凝土材料所造成之差異，本研究認為兩本規範有需多不一致之處，建議修訂 97 年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，消弭不必要之差異，表 6.1 為規範主文差異之整理，僅比較共通性部分，鋼結構與混凝土材料造成之差異不在比較範圍內。

表 6.1 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範主文差異

章節	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範
第一章 通則	無	1.1 一般說明
	無	1.2 法令依據
	1.2 人員資格	無*
第二章 檢測一般規定	2.2 檢測種類 橋梁檢測依檢測時機可分為經常巡查、定期檢測與特別檢測三種。其目的分別如下： 一、經常巡查：基於維持行車安全順暢，而於平常所實施之檢查。	2.2 檢測類別 橋梁檢測依檢測時機可分為定期檢測與特別檢測兩類。其目的分別如下： ... 橋梁之巡查依照公路養護規範之相關規定辦理。
	2.3 檢測頻率 完工五年內之新建橋梁仍應辦理經常巡查，若無特殊狀況，得自完工後第五年進行第一次定期檢測。	2.3 檢測頻率 新建橋梁應於完工使用後二年內進行第一次定期檢測。
	2.4 檢測評估作業 含構件分類、檢測評等方法、檢測表格與橋況評估指標。	2.4 檢測評估作業 包括：蒐集與查對橋梁基本資料及維修記錄，並依檢測類別實施各項檢測，再評估構件損傷等級、分析橋體狀況及建議維修補強方案。
	2.4.1 檢測項目 檢測項目共 21 項。	2.4.1 檢測項目 定期檢測、特別檢測各別陳述。 特殊橋梁之檢測項目，公路養護管理機關或單位可依橋梁特殊性於養護手冊內另訂之。

\*民國 104 年頒布之「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」中則取消了人員資格，而回歸到依公路修建養護管理規則第十條第二項「前項橋梁檢測之制度、方法、頻率及檢測人員之資格與培訓、簽證制度要點，由中央公路主管機關統一訂定。」

表 6.1 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範主文差異(續)

章節	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範
第二章 檢測一般規定	2.4.2 檢測評等 橋梁之劣化情形分成劣化的嚴重程度(D)、劣化範圍(E)及該種劣化情形或現象對橋梁結構安全性與服務性之影響度(R)三部份加以評估。 判定等級分成1~4級予以評等,但若「無此項目」或「無法檢測」或「無法判定」時,則以0予以記錄。維修的急迫性(U)為1時表示例行性維護;U值等於2時則表示三年內應進行維護;U值等於3時,表示一年內應進行維護;U值等於4時,表示須緊急維修處理。	2.4.2 檢測評等 橋梁目視檢測之評定準則,可依公路主管機關所核定之方法進行,其評定內容包含構件劣化程度、劣化範圍、劣化情況對橋梁結構安全與使用性之影響程度,並據以評估劣化損傷維修之急迫性。
	2.5.3 檢測安全設施 未提及「職業安全衛生設施規則」。	2.5.3 檢測安全設施 須依行政院勞動部發布施行之「職業安全衛生設施規則」相關規定辦理。
第三章 經常巡查	第三章 經常巡查	無(依公路養護規範辦理)
第四章 定期檢測	4.1 定期檢測準備作業	3.1 一般說明
	4.3.5 面層劣化程度評估	3.3.5 鋪面劣化程度評估
	4.3.10 橋梁安全性及服務性與維修急迫性評估 無	3.3.10 橋梁結構安全性及使用性影響程度與構件維修急迫性評估 3.4 詳細檢測作業 3.4.1 局部破壞檢測作業
第五章 特別檢測	5.1 適用時機	4.1 一般說明
第七章 維修與補強	無	6.2 緊急處置
	7.2 維修與補強原則 無此點	6.3 維修與補強原則 5. 維修或補強須考慮使用材料與既有材料間的相容性及修復補強步驟,並應注意所採用之維修或補強材料須符合國家標準或相關國際標準。
	無	6.7 結構補強

有關 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」第一章 1.2 節法令依據提到「本規範係依據公路法第三十三條之規定訂定。」而公路法第三十三條所述為:「公路設計、施工、養護及交通工程之各項技術規範,由交通部定之。」而交通部於 101 年頒布「公路養護規範」,橋梁屬公路之設施,因此橋梁檢測規範應為「公路養護規範」下,有關橋梁類之特訂規範,故本研究建議後續修訂檢測規範時,應刪除 1.2 節法令依據。

## 6.2 規範解說差異需修訂處

與主文相同，97 年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」之解說亦存在不必要之差異，建議修訂 97 年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，表 6.2 為規範解說差異之整理，僅比較共通性部分，鋼結構與混凝土材料造成之差異不在比較範圍內。

表 6.2 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範解說差異

章節	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範
第一章 通則	無	C1.1 說明（無內容）
	無	C1.2 法令依據（無內容）
	C1.1 適用範圍 2. 本規範之名稱為「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，重點在於規範鋼結構檢測與評估補強之相關事項。為顧及完整性，在規範中乃加入橋梁其他非鋼結構部分，惟其相關規定仍可參考其他相關規範或準則。	C1.1 適用範圍 1. …另複合梁橋(如波形鋼腹板橋)、混合梁橋(如鋼梁與預力混凝土梁接合)之結構特性仍屬梁橋，其混凝土構材檢測、維修與補強仍適用於本規範作業，而鋼構材檢測則另依交通部「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」辦理。 2. 特殊性橋梁因其結構行為較為複雜須考量其原設計構想之獨特性與其他之特別需求，訂定相關檢測與養護手冊，以供為後續相關作業辦理之依據。 3. 本規範重點在於規範公路鋼筋混凝土結構橋梁檢測與評估補強之相關事項，有關橋梁巡查之種類、頻率和項目等規定，另依交通部「公路養護規範」辦理。為顧及規範完整性，其他相關規定並得參考「公路養護規範」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及相關準則辦理。
	C1.2 人員資格	無*
	C1.3 橋梁紀錄 橋梁紀錄包含以下項目： (1) 橋梁基本資料 包含橋梁設計圖說、施工圖說、竣工圖說、結構計算書。	C1.4 橋梁紀錄 1. 橋梁紀錄，儘可能包含以下項目： (1) 橋梁基本資料 包含橋梁竣工圖說(或設計圖說)、結構計算書，除因橋梁興建年代久遠，資料已不可考者外，規範頒布後的新建橋梁應予以蒐集保存完整。
第二章 檢測一般規定	C2.2 檢測種類 1. 經常巡查	C2.2 檢測類別 無經常巡查

\*詳 110 頁之說明。

表 6.2 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範解說差異(續 1)

章節	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範
第二章 檢測一般規定	C2.3 檢測頻率 未再詳述新橋完工後第五年需進行第一次定期檢測。	C2.3 檢測頻率 建議自竣工開始使用後二年內即辦理第一次檢測。
	C2.4 檢測評估作業 評估指標包含 CI、PI、FI 及 OPI，未包含新 CI、新 PI 及 SSI。	C2.4 檢測評估作業 評估指標包含 CI、PI、新 CI、新 PI、SSI、FI 及 OPI。
	C2.5.1 檢測表格 有提及經常巡查表。	C2.5.1 檢測表格 未提及經常巡查表。
第三章 經常巡查	第三章 經常巡查	無（依公路養護規範辦理）
第四章 定期檢測	C4.1 定期檢測準備作業	C3.1 一般說明
	C4.3.2 混凝土結構物劣化程度評估 1. 本節之檢測對象適用於面層…	C3.3.1 混凝土結構物劣化程度評估 1. 本節之檢測對象適用於鋪面…
	C4.3.2 混凝土結構物劣化程度評估 對於裂縫之判定未區分為結構裂縫與非結構裂縫。 除裂縫外，未描述其他混凝土劣化。	C3.3.1 混凝土結構物劣化程度評估 對於裂縫之判定分為結構裂縫與非結構裂縫。 除裂縫外，有描述其他混凝土劣化。
	C4.3.1 鋼結構物劣化程度評估 無特殊橋之鋼纜及錨碇檢測重點。	C3.3.2 鋼結構物劣化程度評估 2. 特殊橋之鋼纜及錨碇檢測重點
	C4.3.7 河道變遷影響橋梁程度評估 4. 所謂「沖刷」係指河流流水對河床或堤防之一種侵蝕作用…  未提及交通部運輸研究所公布之「跨河橋梁橋基沖刷檢測作業規範(草案)」	C3.3.7 河道變遷、路堤與基礎沖刷等對橋梁影響程度評估 無對沖刷之說明。  6. 有關橋梁基礎沖刷檢測可另參考民國 100 年 12 月交通部運輸研究所公布之「跨河橋梁橋基沖刷檢測作業規範(草案)」規定辦理。
第五章 特別檢測	C5.1 適用時機 1. 由於特別檢測並無標準之型式，故橋梁管理機關可參考定期檢測之方式，選定其必要之檢測內容及方法。	C4.1 一般說明 1. 公路養護管理機關或單位可參考定期檢測項目，就天然(人為)災害所發生的事件，選定其必要之檢測內容及方法。
	C5.1 適用時機 未提供特別檢測評估表	C4.1 一般說明 3. 橋梁特別檢測評估表可參酌表 C4.1.1 制定之，各公路養護管理機關或單位得視天然或人為之災害事件，調整本表檢測項目與損壞狀況等欄位內容
	無	C4.7 河川橋梁下之水下特別檢測

表 6.2 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範解說差異(續 2)

章節	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範
第六章 鋼結構 橋梁結 構安全 評估	C6.2 橋梁承载力評估 4. 我國目前並無標準之評估車輛，據以實施承载力評估。評估時…或採用與 HS-25 總重相同而調整軸距之方式作為檢核之活載重…	C5.2 橋梁承载力評估 3. 我國目前並無標準之評估車輛，據以實施承载力評估。評估時…或採用與 HS-20 乘以 1.25 總重相同而調整軸距之方式作為檢核之活載重…
	C6.2.1 分析計算評估法 未包含 2011 年之 The Manual for Bridge Evaluation	C5.2.1 分析計算評估法 2011 年 (The Manual for Bridge Evaluation) 配合 LRFD 設計規範所制定之 LRFR 評估法
	C6.4 耐震能力評估 …可參考相關規範或報告，如交通部所頒布之「公路橋梁耐震設計規範」或其他「橋梁耐震能力評估準則」等之詳細規定，進行耐震能力評估。	C5.3 耐震能力評估 …可參考相關規範或報告，如交通部所頒布「公路橋梁耐震設計規範」或交通部公路總局研擬「公路橋梁耐震能力評估與補強準則」等之詳細規定，進行耐震能力評估。
	C6.5 耐洪能力評估 …可參考相關規範或報告，如交通部公路總局所擬定之「河川橋梁之橋墩(台)沖刷保護工法」或「橋梁監測預警系統及沖刷保護措施及補強等策略之研究」之詳細規定，進行耐洪能力評估。	C5.4 耐洪能力評估 …可參考相關規範或報告，如交通部所頒布「橋基保護工設計規範」之詳細規定，進行耐洪能力評估。
第七章 維修與 補強	無	C6.2 緊急處置
	7.2 維修與補強原則 無此些要點	6.3 維修與補強原則 5. 維修補強前，應根據構件劣化原因提出維修補強方法，並考量整體景觀性。 6. 維修補強材料常會引用我國國家標準(CNS)或美國 ASTM、日本 JIS 及 JSCE 標準等相關國際標準… 7. 修復補強材料的選擇並非是最強的材料，而是… 8. 選擇修補材料須考慮修復補強程序，包括…
	無	C6.7 結構補強

### 6.3 規範其他差異需修訂處

由於「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」依部頒規範精神，將過去屬於主文之內容移至解說，但在「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」仍屬主文之一部份，本研究同樣建議修訂 97 年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，除了應將之改至解說外，兩本規範仍存在用語及內容上之差異也有待統一。表 6.3 為規範其他差異之整理，僅比較共通性部分，鋼結構與混凝土材料造成之差異不在比較範圍內。

表 6.3 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範其他差異

項次	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範																
1	檢測及評估表格在主文中	檢測及評估表格在解說中																
2	檢測項目名稱差異： <ul style="list-style-type: none"> <li>●河道或土壤</li> <li>●引道路堤-保護設施</li> <li>●面層</li> <li>●橋墩保護設施</li> <li>●橋墩墩體</li> <li>●支承</li> <li>●主要構件</li> <li>●次要構件</li> <li>●橋面版</li> </ul>	檢測項目名稱差異： <ul style="list-style-type: none"> <li>●河道</li> <li>●引道路堤-保護措施</li> <li>●鋪面</li> <li>●橋墩/橋基保護設施</li> <li>●橋墩墩體/帽梁</li> <li>●支承/支承墊</li> <li>●主要構件(大梁)</li> <li>●次要構件(橫隔梁)</li> <li>●橋面板</li> </ul>																
3	表 2.4.2 劣化狀況之檢測評等準則 D=1 良好或微	表 C2.4.1 橋梁構造物檢測評定準則 D=1 良好																
4	表 4.2.2 檢測狀況評估表 <ul style="list-style-type: none"> <li>●格式及欄位與 104 年規範有異</li> <li>●各評檢測項目中僅有 DER 值</li> <li>●無任何評估指標</li> </ul>	表 C3.2.2 一般性橋梁檢測狀況評估表 <ul style="list-style-type: none"> <li>●格式及欄位與 97 年規範有異</li> <li>●各評檢測項目中有 DER 及 U 值</li> <li>●有 CI、PI、規範 PI、沖刷指標、新 CI 及新 PI 等指標</li> </ul>																
5	表 4.2.1 定期檢測表 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td rowspan="7" style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td rowspan="7" style="width: 50px; text-align: center;">河道或土壤</td> <td>河道變遷</td> </tr> <tr> <td>上游攔河堰</td> </tr> <tr> <td>河道之潛壩、固床工、河堤建造物及親水設施等</td> </tr> <tr> <td>上下游開採砂石</td> </tr> <tr> <td>橋址河床變化</td> </tr> <tr> <td>橋墩沖刷狀況</td> </tr> <tr> <td>其他損傷</td> </tr> </table>	3	河道或土壤	河道變遷	上游攔河堰	河道之潛壩、固床工、河堤建造物及親水設施等	上下游開採砂石	橋址河床變化	橋墩沖刷狀況	其他損傷	表 C3.2.1 一般性橋梁定期檢測表 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td rowspan="4" style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td rowspan="4" style="width: 50px; text-align: center;">河道</td> <td>河道變遷</td> </tr> <tr> <td>河道之潛壩、固床工、河堤建造物及親水設施等</td> </tr> <tr> <td>上下游開採砂石</td> </tr> <tr> <td>其他損傷</td> </tr> </table>	3	河道	河道變遷	河道之潛壩、固床工、河堤建造物及親水設施等	上下游開採砂石	其他損傷	
3	河道或土壤			河道變遷														
				上游攔河堰														
				河道之潛壩、固床工、河堤建造物及親水設施等														
				上下游開採砂石														
				橋址河床變化														
				橋墩沖刷狀況														
		其他損傷																
3	河道	河道變遷																
		河道之潛壩、固床工、河堤建造物及親水設施等																
		上下游開採砂石																
		其他損傷																
6	表 4.2.1 定期檢測表 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td rowspan="4" style="width: 20px; text-align: center;">5</td> <td rowspan="4" style="width: 50px; text-align: center;">橋台基礎</td> <td rowspan="2" style="width: 30px; text-align: center;">近端</td> <td>滲水、游離石灰</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">遠端</td> <td>滲水、游離石灰</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷</td> </tr> </table>	5	橋台基礎	近端	滲水、游離石灰	基礎傾斜、沉陷	遠端	滲水、游離石灰	基礎傾斜、沉陷	表 C3.2.1 一般性橋梁定期檢測表 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td rowspan="4" style="width: 20px; text-align: center;">5</td> <td rowspan="4" style="width: 50px; text-align: center;">橋台基礎</td> <td rowspan="2" style="width: 30px; text-align: center;">近端</td> <td>滲水、白華</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷、滑動</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">遠端</td> <td>滲水、白華</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷、滑動</td> </tr> </table>	5	橋台基礎	近端	滲水、白華	基礎傾斜、沉陷、滑動	遠端	滲水、白華	基礎傾斜、沉陷、滑動
5	橋台基礎				近端	滲水、游離石灰												
				基礎傾斜、沉陷														
				遠端	滲水、游離石灰													
		基礎傾斜、沉陷																
5	橋台基礎	近端	滲水、白華															
			基礎傾斜、沉陷、滑動															
		遠端	滲水、白華															
			基礎傾斜、沉陷、滑動															

表 6.3 鋼結構及混凝土橋梁檢測規範其他差異(續)

項次	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範																								
7	<p>表 4.2.1 定期檢測表</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="6">13</td> <td rowspan="3">橋墩基礎</td> <td rowspan="3">近端</td> <td>滲水、游離石灰</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷</td> </tr> <tr> <td>基礎入土深度</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">遠端</td> <td>滲水、游離石灰</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷</td> </tr> <tr> <td>基礎入土深度</td> </tr> </table>	13	橋墩基礎	近端	滲水、游離石灰	基礎傾斜、沉陷	基礎入土深度	遠端	滲水、游離石灰	基礎傾斜、沉陷	基礎入土深度	<p>表 C3.2.1 一般性橋梁定期檢測表</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="6">13</td> <td rowspan="3">橋墩基礎</td> <td rowspan="3">近端</td> <td>滲水、白華</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷、滑動</td> </tr> <tr> <td>基礎裸露長度</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">遠端</td> <td>滲水、白華</td> </tr> <tr> <td>基礎傾斜、沉陷、滑動</td> </tr> <tr> <td>基礎裸露長度</td> </tr> </table>	13	橋墩基礎	近端	滲水、白華	基礎傾斜、沉陷、滑動	基礎裸露長度	遠端	滲水、白華	基礎傾斜、沉陷、滑動	基礎裸露長度				
13	橋墩基礎				近端	滲水、游離石灰																				
						基礎傾斜、沉陷																				
			基礎入土深度																							
	遠端		滲水、游離石灰																							
			基礎傾斜、沉陷																							
		基礎入土深度																								
13	橋墩基礎	近端	滲水、白華																							
			基礎傾斜、沉陷、滑動																							
			基礎裸露長度																							
	遠端	滲水、白華																								
		基礎傾斜、沉陷、滑動																								
		基礎裸露長度																								
8	<p>表 4.2.1 定期檢測表</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="10">20</td> <td rowspan="10">橋面版(混凝土)</td> <td>橋面平整度</td> </tr> <tr> <td>橋面與欄杆、緣石分離</td> </tr> <tr> <td>混凝土裂縫</td> </tr> <tr> <td>混凝土剝落</td> </tr> <tr> <td>混凝土蜂窩</td> </tr> <tr> <td>混凝土空洞</td> </tr> <tr> <td>鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露、銹蝕</td> </tr> <tr> <td>滲水、游離石灰</td> </tr> <tr> <td>其他損傷</td> </tr> </table>	20	橋面版(混凝土)	橋面平整度	橋面與欄杆、緣石分離	混凝土裂縫	混凝土剝落	混凝土蜂窩	混凝土空洞	鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露、銹蝕	滲水、游離石灰	其他損傷	<p>表 C3.2.1 一般性橋梁定期檢測表</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="10">20</td> <td rowspan="10">橋面版</td> <td>橋面平整度</td> </tr> <tr> <td>橋面與欄杆、緣石分離</td> </tr> <tr> <td>混凝土裂縫</td> </tr> <tr> <td>混凝土剝落</td> </tr> <tr> <td>混凝土空洞(或蜂窩)</td> </tr> <tr> <td>鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露、銹蝕</td> </tr> <tr> <td>滲水、白華</td> </tr> <tr> <td>構件彎曲、變形</td> </tr> <tr> <td>異常聲音、異常振動</td> </tr> <tr> <td>積水或漏水</td> </tr> <tr> <td>其他損傷</td> </tr> </table>	20	橋面版	橋面平整度	橋面與欄杆、緣石分離	混凝土裂縫	混凝土剝落	混凝土空洞(或蜂窩)	鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露、銹蝕	滲水、白華	構件彎曲、變形	異常聲音、異常振動	積水或漏水	其他損傷
20	橋面版(混凝土)			橋面平整度																						
				橋面與欄杆、緣石分離																						
				混凝土裂縫																						
				混凝土剝落																						
				混凝土蜂窩																						
				混凝土空洞																						
				鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露、銹蝕																						
				滲水、游離石灰																						
				其他損傷																						
		20	橋面版	橋面平整度																						
橋面與欄杆、緣石分離																										
混凝土裂縫																										
混凝土剝落																										
混凝土空洞(或蜂窩)																										
鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露、銹蝕																										
滲水、白華																										
構件彎曲、變形																										
異常聲音、異常振動																										
積水或漏水																										
其他損傷																										
9	劣化程度判定標準，建議僅列出鋼構部分即可，與混凝土橋共通之構件則以 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」為準。																									

#### 6.4 規範檢測判定標準建議修訂處

經過專家訪談以及研究團隊實際進行三座橋之現地檢測，對於 104 年版「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」之劣化判定標準提出建議修訂之處，此規範造成橋梁檢測單位執行上之困難，最主要之兩個因素，其一為量測值過多，同時需要近距離量測，但實務上在值行橋梁檢測時，並非所有橋梁均能近距離量測，即使使用橋檢車，也因車輛大小、型式等規格限制，並非所有區域均能檢測，橋檢車使用上之限制如下：

- 一、山區或鄉間道路狹橋，橋檢車不易通行甚至無法通行，無法抵達橋梁處。
- 二、下路式及中路式之桁架橋、拱橋以及吊橋、斜張橋，其桁架、纜索等件阻礙橋檢車之機器手臂運作。
- 三、電器化鐵路因上方有高壓電線，不適合橋檢車運作。
- 四、橋梁較寬及較高時，會有無法檢測到之區域，圖 6.1 為某廠牌橋檢車手臂之尺寸，當橋梁規模大於手臂所能延伸之範圍時便會出現死角，如圖 6.2 所示，橋寬較寬時中間部位之大梁及橋面版無法檢測，橋墩較高時下方之部份無法檢測。
- 五、國內合法掛牌之橋檢車數量很少。

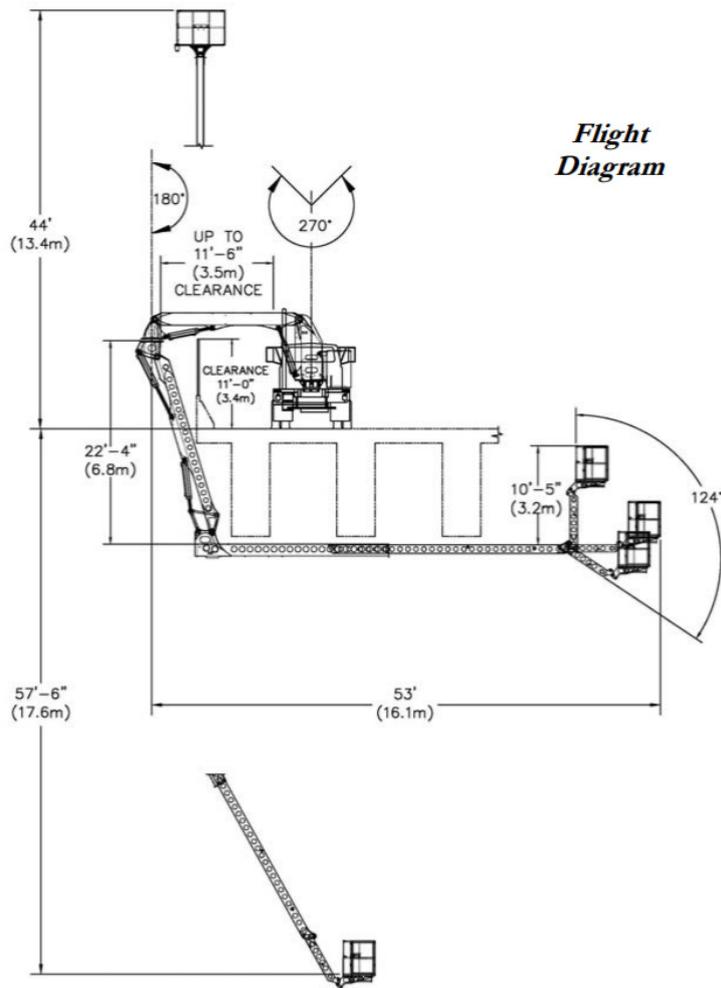


圖 6.1 Aspen A-52 橋檢車吊籃活動範圍

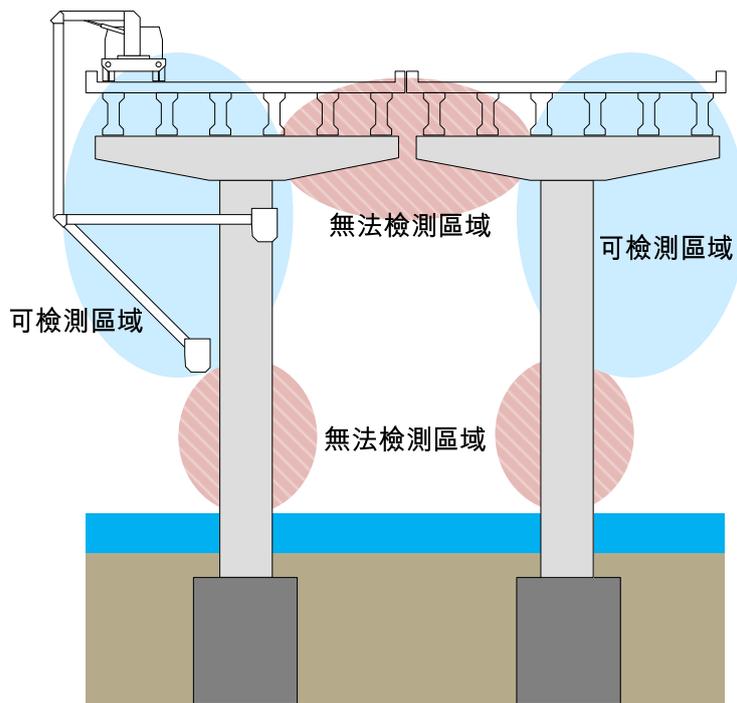


圖 6.2 橋檢車無法檢測區域

執行困難最主要之因素，其二為目視無法進行判斷之標準，如結構物沉陷，需要長期固定以儀器觀察方能得知橋梁是否沉陷，另外關於基礎裸露之判定，需要知道基礎深度，然我國大多數橋梁竣工圖已無法尋得，難以確定其基礎深度。

表 6.4 列出 104 年版「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」之劣化判定標準建議修訂之處，供後續規範修訂機關之參考。

表 6.4 「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」劣化判定建議修訂處

NO	建議修訂處	規範之表號
1	裂縫寬度量測分辨至 0.05mm，有操作上之困難。劣化程度僅以裂縫寬度、間隔為判斷依據，對於裂縫長度、深度卻未著墨，如要強調量化依據，建議先釐清長度、深度至何程度方可視為裂縫。	表 C3.3.1
2	D=1 是代表良好或微劣損應有一致性，目前部分構件允許 D=1 有微劣損。	表 C3.3.1
3	「剝落或持續性剝落」語意不明確	表 C3.3.1
4	彎曲(變形)之判定為「變形量大於規範之容許值」，但檢測員未必知悉規範之容許值，設計圖說亦未必標示。	表 C3.3.1
5	鋼筋外露僅考慮主筋局部外露，但多數非主筋外露時保護層已失，鋼筋已開始鏽蝕，卻僅能以剝落或空洞評定劣化程度。	表 C3.3.1
6	「積水、漏水」項目中提到「少許」及「顯著」積水或漏水，應進一步說明其實際狀況。	表 C3.3.1
7	支承裝置項目缺乏橡膠支承墊、隔震支承之劣化態樣。	表 C3.3.2
8	阻尼裝置項目中提到「若干」及「顯著」功能障礙，應進一步說明其實際狀況。	表 C3.3.2
9	「可能產生設計值以上之應力」屬推估、臆測，不宜用於檢測評估。	表 C3.3.3
10	鋪面劣化中提到「表面材質裂縫寬度大於 1mm 小於 5mm」、「表面材料剝落不超過 5mm」、「車轍深度不超過 5mm」，實務上無法量測。	表 C3.3.4
11	鋪面劣化中之表面裂縫、材料剝落、車轍均有量化之劣化程度標準，但對於高、快速公路以及主要幹道橋梁檢測而言，需封路才能進行量測。	表 C3.3.4
12	沉陷量必須經由測量儀器長期量測比對，非目視檢測作業可評估。	表 C3.3.5 表 C3.3.6
13	基礎裸露長度的判定標準，需要知道基礎原設計深度才可進行判讀，然在多數老舊橋梁基礎設計深度未知情況下，該檢查項目在執行上確有困難。	表 C3.3.8
14	「橋墩方向與河川流向角度」項目，因河川流向並非固定，且橋墩方向為設計決定非劣化行為，「河道變遷」項目中提到「輕微」、「嚴重」語意不明確。	表 C3.3.8
15	表 C3.3.10 各項劣化樣態與表 C3.2.1 所列不完全一致。	表 C3.3.10 表 C3.2.1

表 6.4 「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」劣化判定建議修訂處(續)

NO	建議修訂處	規範之表號
16	部份劣化態樣 U 值之判定為 3~4，然而 4 為立即維修，3 為一年內維修，填 3 或 4 造成之差異太大。	表 C3.3.11
17	部份劣化態樣，如橋台混凝土裂縫，當裂縫寬度大於 0.3mm，且相鄰裂縫間隔小於 50cm，U 值需判定為 3 或 4，此規定是否合宜且屬重要危險之條件應再檢討。	表 C3.3.11

## 6.5 小結

現行橋梁檢測規範中，97 年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」在共通部分存在不一致之處，本研究整理規範主文、解說之差異，建議修訂 97 年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，消弭不必要之差異，同時建議刪除檢測規範中 1.2 節之法令依據。

針對 104 年版「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」，其劣化判定標準成橋梁檢測單位執行上之困難，主因為量測值過多且過於保守，以預力混凝土為例，裂縫達 0.1mm 即判定為劣化(D=2)，大於 0.2mm 即為嚴重劣化(D=4)，裂縫之寬度可參考圖 6.3。實務上確實存在無法量測劣化尺寸之狀況，同時規範之部份劣化判定需要借助儀器、設計資料等方能進行，已超出目視檢測之範疇，因此本研究以專家訪談之建議，及實際進行三座橋之現地檢測後之經驗，整理出 104 年版「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」之劣化判定標準建議修訂之處，供後續規範修訂機關之參考。

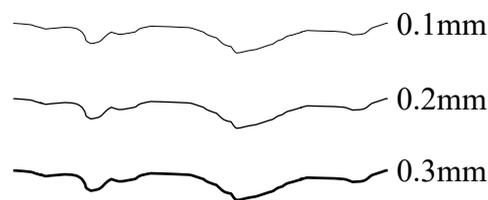


圖 6.3 裂縫寬度模擬(因列印設備不同可能會有誤差)

## 第七章 專家座談會及未來橋梁檢測方式之具體建議

### 7.1 專家座談會

本研究於民國 105 年 11 月 10 日下午 2:30，假運研所五樓會議室召開專家座談會，由本研究協同主持人廖先格博士報告本研究所整理之規範比較、各單位訪談成果、三座橋實地檢測結果，以及目前規範對於第一線橋梁檢測單位所造成之影響，期待透過專家座談會，凝聚各方共識，尋求短期內解決方案，並對長期橋梁檢測制度或方向提出建議。當日與會專家學者，含研究團隊之主持人及協同主持人共計 19 位，交通部技監室人員因當日另有會議而無法出席，但有提供書面意見，專家學者名單如表 7.1 所示，圖 7.1 及 7.2 為當天開會之情況。

表 7.1 與會專家學者名單

NO	單位	職稱	姓名	備註
1	交通部技監室	技正	賈毓虎	未出席，僅提供書面意見
2	交通部路政司	技正	陳柏源	
3	公路總局材試所	所長	何鴻文	
4	高公局工務組	副總工程司	林炳松	
5	中華顧問工程司	技師	王瑞麟	
6	中油股份有限公司	處長	曾志煌	
7	高公局	前副總工程司	葉韓生	
8	國家地震中心橋梁組	組長	宋裕祺	
9	臺灣世曦工程顧問公司	總工程師	林曜滄	
10	臺灣世曦工程顧問公司	正工程師	林正偉	未發言
11	中興工程顧問公司	主任	葉啟章	
12	彛盛工程顧問公司	經理	張文彬	
13	黎明工程顧問公司	檢測組組長	楊峻傑	
14	臺灣整合防災工程顧問公司	總經理特助	陸春雷	
15	協勝工程行	負責人	劉財誠	
16	國立高雄大學	教授	陳振華	
17	研究團隊成員	主持人	姚乃嘉	專家會議主席
18	研究團隊成員	協同主持人	王仲宇	
19	研究團隊成員	協同主持人	陳明正	
20	研究團隊成員	協同主持人	廖先格	報告人

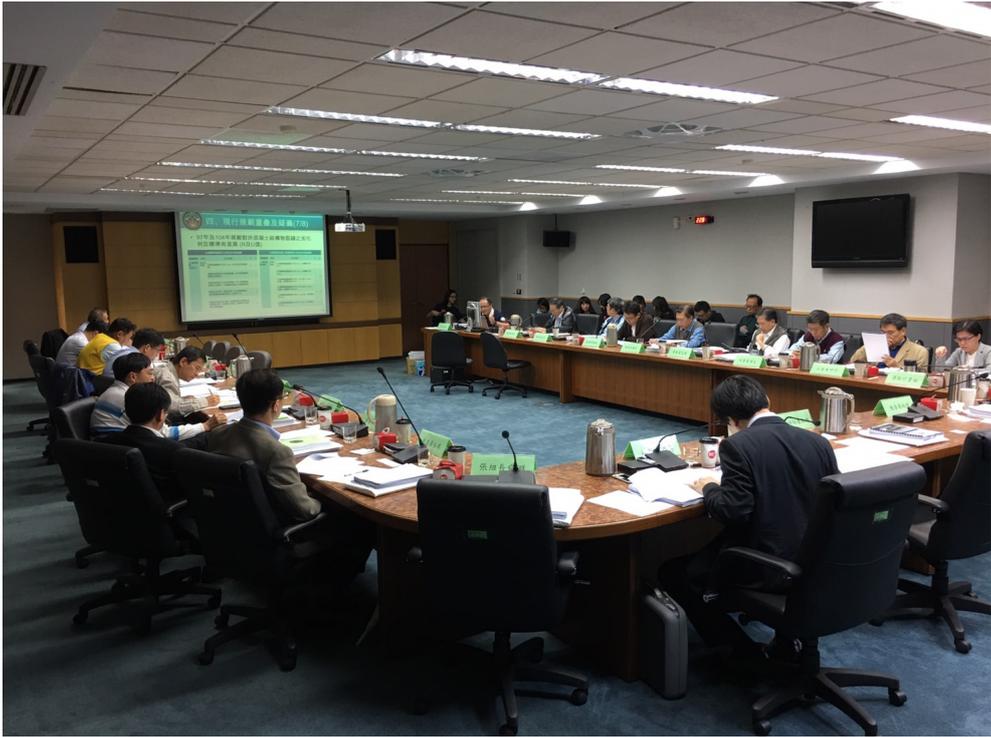


圖 7.1 專家會議會議報告



圖 7.2 專家會議討論狀況

## 7.2 會議紀錄與結論

專家會議主席為本研究之計畫主持人姚乃嘉教授，交通部技監室之書面意見，由主席於出席專家開始發言前口頭宣達給與會人員，出席專家之意見依發言先後整理於表 7.2 中，部份專家有第二次發言，亦併於表 7.2 中。

表 7.2 專家座談會會議紀錄

專家姓名	相關意見
交通部技監室	部頒規範內容架構自 98 年起，已釐訂採綱要性、原則性之條文規定為主，有進一步說明必要或建議參照與示範案例者，則納入解說部分予以說明。故「公路養護規範」即按上揭意旨制定與頒布，同時廢止規定較為細部之「公路養護手冊」。而公路橋梁檢測與補強規範亦本於此原則，依據鋼筋混凝土結構或鋼結構之一般性橋梁訂定檢測、評估、維修與補強規定，對於特殊或重要橋梁則由公路養護管理機關自行訂之，以保持規範運用之彈性。
	本部於 104 年 12 月底函請部屬機關針對其制定或編修部頒技術規範超過 5 年以上者，研提編修計畫，俾規範內容符合實務需要，並與時俱進；其中，97 年訂頒之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，高公局已於本年度著手啟動編修，將蒐集並檢討國內外相關設計規範、準則、標準、手冊及各單位修訂建議進行修訂草案研擬，預計 106 年度報部進行複審。對於部頒公路類橋梁之檢測與補強規範因編修時間差異，所產生檢測方式、頻率等不一致，或規定內容不符實務作業需求部分，建請高公局藉此審視相關規範內容之適宜性，廣蒐各方專業意見後再作調整研議，並以橋梁維護安全、經濟、有效為最高指導原則。
陳柏源技正	交通部在執行部屬三局稽核過程中，收到第一線檢測同仁反應 104 年版規範有需多待釐清之部分，因此透過研究案將規範待釐清之部分做更明確之說明，作為未來修訂之參考。
	104 年版規範已詳列大多數之劣化狀況，可減少劣化判斷上模糊的空間，然全國橋梁將近三萬座，規範難囊括所有可能之狀況，交通部及運研所會持續搜及資料並進行相關之研究。
	對於裂縫之判定，由於並非所有橋梁均能近距離檢測，同時針對橋面版 0.05mm 之髮狀裂縫亦無法量測。
	判斷之尺度有偏移(偏嚴重之趨勢)，D 值很容易達到 4。
	鋼筋裸露 30cm 以內，與裂縫寬 0.2mm 在 D 值之判斷同為 2，在邏輯上有點衝突。
	運研所需將問題歸類，技術發展不成熟及人力不足的問題在規範上可採較彈性之作法，在規範中以文字補充說明，若為檢測方式之疑慮，則可列為後續研究。
橋梁應分級、分層管理，將重點資源放在重要之橋梁，建議運研所將橋梁分類分級納入未來討論之議題。	

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 1)

專家姓名	相關意見
王瑞麟技師	104 年版之規範大致上是參考日本道路公團之規範，日本之結構技師是確實用裂縫尺去量測，但依現行國內橋梁管理機關之組織人力及經費，確有執行上之困難。
	后豐大橋斷橋後，交通部頒規範內容有大方向之調整，讓規範實際可行，不增加第一線同仁之壓力及操作上之困難。
	中國大陸 2011 年頒佈之橋梁評鑑標準提到，規範要全面實用，需有可操作性，定性之評估標準佔多數、定量評估標準較少，在裂縫寬度之判定上則分為 1mm 及 0.2mm 兩個級距。
	以臺灣目前之人力狀況，要採用日本之規範確有其困難。
	DER&U 目前全世界只有臺灣在使用，因採矩陣式評估，因此評估項目會較多，當初引進 DER&U 之目的，是因其可以快速檢測，許多定性之評估需仰賴檢測人員之判定，若每一個項目都要去明確界定 DER 值分別為何，在檢測實務上有窒礙難行之處。
	在本研究中可以去探討臺灣是否還要採用 DER&U，一評估法最主要能夠反映出橋梁狀況、檢測人員意見要一致，並且具可操作性，國際上之評估方式以單一指標佔多數，如大陸(1~4)、美國(0~9)及日本(AA、A、B、C、E)。
	104 年之規範將 DER&U 及 ABCDN 整合，但存在邏輯上之問題，D 值及 R 值之判定有些類似，部分 R 值之判定需再翻圖表易使人混淆。
	104 年之規範在評估標準上是很嚴謹的，但實際執行上會有困難。
	現行三本規範檢測頻率不一致之問題，應從新、從嚴。
	日本之定期檢測是五年一次，若 104 年規範參考日本之標準，是否可歸為詳細檢測，因以公路總局及高公局一年檢測兩次之頻率，要執行確有其困難，故 100 年之公路養護規範將細部之規定移除，由各機關於養護手冊中自行訂定。
	規範之修訂應考慮技術性與實際性。
	交通部頒規範於 97 年、98 年有大幅調整，因這段期間有不少橋梁斷橋事件，國賠採過失主義，但沒有單位願意扛起過失之責，最後就是規範未與時俱進，遂修改規範。未來之規範以原則性、政策性及去規定，而操作面的詳細規定應該由各單位自訂。
	有些規範應具有操作性和客觀性，不然對第一線人員來說沒有明確的標準，現行規範之重點在規範後的解說，解說會考量到實務及操作面。
	現行規範中的一個圖可能會用在 D 值及 R 值，對檢測人員來說感覺是重複的，在操作上有一定的困難度。
	未來規範是否要朝向檢測與評估分離尚待討論，但現階段在實務上會有問題。
現行各規範之相關規定應予以釐清，是否符合實務，包含大家所提到的分級管理制度等，我們希望橋梁檢測要有一致性，對於無法檢測的部分應如何評，不應由檢熱人員自行判斷。	

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 2)

專家姓名	相關意見
何鴻文所長	我國的橋梁數目很多，各橋梁管理單位在執行檢測及維護之人力基本上是不足的，長久以來使用 DER&U 進行橋梁檢測，能達到快速且能減輕人力負擔，若初步檢測結果有必要，會再進一步做詳細檢查，個人對 DER&U 抱持肯定的態度。
	后豐大橋斷橋後，部頒規範進行調整，但斷橋並非使用 DER&U 檢測無法發現橋梁的問題，后豐大橋的問題是橋基裸露，顧問公司建議改建，但來不及改建就發生斷橋，是因預算編列不足，而非檢測制度的問題。
	要檢討現行制度之前，應先確立橋梁檢測的目的，檢測之目的在於維持橋梁安全，但過程需要多詳細才能夠達到檢測之目的，是否有必要在初步檢測時，將檢測人員之負擔提到這麼高是值得思考的。
	公路總局採一年兩次檢測，是因我國橋梁的下部結構易因洪水沖刷而損壞，其實我國大部分橋梁損壞皆因沖刷或不定期之地震造成，因結構性的損壞造成橋梁損毀及人命傷亡非常少，只要有確實按 DER&U 之方式進行橋梁檢測，均能在發生結構性損壞之前進行處理。
	目前公路總局之橋梁檢測採分類、分級方式進行，並非所有橋梁均採一年兩次檢測。
	新橋完工原本為第五年進行第一次定期檢測，104 年規範改為第二年進行第一次定期檢測，但完工後第二年尚在工程的保固期內，除非施工品質非常有問題，或遇上天災才會有狀況，應再思考是否第二年就需進行檢測。
	非特殊或重點橋梁之檢測頻率是否可延長至三或五年檢測一次。
曾志煌處長	所有決策都在有限資源下進行，我們花了很多時間在量測橋梁結構性裂縫的大小，但我國大部分橋梁皆因沖刷而損壞，應多花時間在處理真正的問題。
	規範若無確實遵守就會有責任問題，甚至會被抓去關。
	很肯定規範一直在修正，DER&U 是快速篩選的機制，朝更加精進之方向修正是正確的，但針對過細之裂縫若現場檢測有困難，則運研所之研究報告中要明確指出，並且如何在技術及要求上漸進改善。
	規範一定要回歸到實務上可操作，在此前提下逐步往前推，集眾人之智慧看如何改善 DER&U，大方向確定後，改善的步幅大家可以再決定。
	機關明年度的預算現在已經在審，若明年沒有足夠之預算執行 104 年版規範之標準，不論原因為何，若沒有依規範標準檢測，而發生橋梁因颱風等災害斷橋之情況，責任還是歸咎於工程師，建議各機關正式行文給交通部，說明無法依新規範執行之具體原因，交通部必須要做出回應，邀請檢測技術提供單位與執行檢測單位實地測試，若現行技術、設備真的可行，檢測單位就照規範執行，

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 3)

專家姓名	相關意見
曾志煌處長	若以現行技術，在檢測時間及經費上不可行，便需先針對重要橋梁先進行測試。
	新規範應利用新技術進行實地測試，若不行應盡速修正，同時在新規範及配合之技術尚未準備好前，仍然按舊規範執行檢測。
	新規範與實務上銜接不起來，有一段落差需要克服，要一步到位有困難，應循序漸進朝目標前進，橋梁分級管理是一個方向。
葉韓生前副總工程師	DER&U 已經操作很久，第一線人員已很熟習此制度，此方法較為主觀，若為第一年操作，檢測結果會有較大之差異，但許多檢人員已操作多年，加上運研所每年均辦教育訓練，因人員主觀造成之差異因已減少許多。
	規範之修訂要持續搜集第一線檢測人員之意見，如何修正現場所遭遇之問題及困難。
	若要仿效日本之規範，需要人力同時也要針對檢測人員進行訓練，在時間、經費及時效上如何去控制，需要有執行計畫及時程規劃。
	橋梁完工驗收與管理單位接管是兩件事情，完工第二年進行第一次定期檢測之規定需要彈性一點，部分橋梁在完工時已存在重大瑕疵，牽涉到保固期內承包商之責任，瑕疵是否已改善完成，所完成之補強，若在竣工圖或相關文件中無法呈現，管理單位接手後，會影響到檢測記錄之填寫及未來之營運計畫。
	橋梁全生命週期管理需要完整的橋梁初始狀態記錄。
	養護手冊應由各機關根據需求自行訂定，規範則為政策性、原則性及宣示性，因此現在各機關在執行規範所遭遇到之困難，如檢測表格、評估準則等，應依據各自之需求提出具體意見。部頒規範要寫得很詳細，同時讓各級機關均能順利執行是很困難的，建議各機關詳細檢視現行規範內之各項表格，針對有困難之處提出建設性之建議。
	規範的實際操作面若太繁複，造成執行單位無法執行，必須要想方法解決，因運作上不能中斷。
林炳松副總工程師	97 年之公路鋼結構橋梁檢測及補強規範高公局已經在編修預計明年年度報部複審。
	規範應考量檢測人員的作業方式，檢測中翻閱表格有其困難度。
	縣市政府是否有經費辦理橋梁檢測也是實際上會遇到的問題。
	橋梁檢測的標案因經費較少或檢測頻率較高的關係不容易決標。
	104 年之規範規範訂得較詳細，需要相關的配套措施，例如需要適當之檢測工具及制度搭配，各檢測單位也應先評估以目前之能力是否能做到。
	104 年規範之劣化評估標準有不明確或不合理之處，例如：裂縫寬度最寬之處為何處，在現場難以判斷，0.05mm 及 0.1mm 對第一線檢測人員而言是很難判斷的。
	高公局目前正推動自辦部分橋梁檢測。

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 4)

專家姓名	相關意見
林曜滄總工程師	<p>104 年規範第二年進行第一次定期檢測，主要是參考歐美日先進國家所訂，理由如下：</p> <p>(1)完工後之橋梁若有任何缺失，會在使用後之 2 年即發生，可以很快找到問題，加以紀錄及建檔追蹤處理。若尚處保固期內，也可立刻找施工廠商進行維修，機關可不用另行編列預算支出，搏節公帑。</p> <p>(2)另完工後 2 年建立橋檢及相關紀錄，所有完工資料都容易取得，若有資料不全，也很容易找到施工單位取得，資料蒐集及取得容易，事半功倍。</p> <p>(3)對於結構系統佳，施工品質好的橋梁，第 2 次橋檢可安排在完工後第 6 年再辦理，其對橋檢之費用支出，與舊規範頻率相比其實是相差不多，對於政府之預算可謂作最有效率之運用。</p>
	<p>對於裂縫寬度大於 0.3MM，是否屬要立即修復，要先了解裂縫是屬於結構裂縫或其他非結構裂縫，若屬結構裂縫，則應盡早維修，以免擴及鋼筋鏽蝕，影響結構安全，此部分之處理需要專業判斷，所以 104 年規範之規定是比較符合需求。至於採圖示對照，是讓檢測員有一致之標準，降低主觀判斷，也因此會稍為複雜，對於初學者，需要一定之訓練，才可熟習，因此資淺人員需要有資深檢測員一同編組共同執行。因為橋檢是高度專業技術之工作，對於檢測人員之培養及培訓均需要長期進行，而非短期即可達成，若養護機關無此人力，應該委託專業顧問公司辦理為宜。</p>
	<p>橋梁不分重要或不重要，任何橋梁損壞都會傷及人命，規範之檢測頻率若無法執行，應考慮增加維修預算。</p>
劉財誠先生	<p>橋梁檢測應可分級，基本的有巡查、定期檢測及特別檢測，就內容可分為一般檢測及高級檢測，一般檢測應該要很簡單，人員受訓時間短、所需經費較少。</p>
	<p>目前我國合法掛牌之橋檢車僅幾部，造成橋檢車租金居高不下。</p>
	<p>第一層級之檢測，按照過去之 DER&amp;U 方式進行檢測，較高級之檢測就需要如 104 年規範的標準執行。</p>
	<p>國家高速網路與計算中心研發的裂縫遠距量測系統，目前技術尚未純熟，對於細小裂縫之誤差達 150%以上，可應用在建築結構物上，但用於橋梁檢測上由於誤差過大較不適合。</p>
<p>過往之橋梁檢測並非只是形式上看過去而已，有很多沖刷或結構上受損之橋梁是經由檢測發現問題而作出對策。</p>	

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 5)

專家姓名	相關意見
楊峻傑組長	104 年之規範頒布後，檢測人員為了測量 0.3mm 之裂縫會花費許多時間，因 0.3mm 之裂縫 D 便要評為 4，有時看得到裂縫，但卻無法測量，可能會將 D 等於 4 判斷為 D 等於 3。
	97 年及 104 年之兩本規範若要並行，有差異之部分應統一。
	有關裂縫之判定標準可稍微放寬或重新考量，因難以肉眼判斷 0.2mm 或 0.3mm 之差異。
	U 值的評估標準應避免模稜兩可之狀況，如 U=1~2、2~3、3~4 之情況。
陸春雷特助	對現場檢測人員而言，在檢測部分橋梁時，檢測人員難以攜帶紙本至橋下填寫，而 104 規範應填寫的表格太多，以目前執行之狀況，頂多攜帶 Pad 進行紀錄。
	裂縫及沉陷要量測有其困難。
	現況很難以兩人一組搭配橋檢車之方式執行檢測，對於水面下之構件亦無法穿潛水裝進行裂縫之量測。
	傳統之 DER&U 檢測法搭配 Pad 及相機，可以克服偏遠地區，如海邊或深山，較難至橋下檢測之橋梁。
	以現況而言，要全面使用 104 年規範檢測是不可行的，建議從傳統 DER&U 檢測出來之結果，篩選出 3% 或 5% 之重點橋梁，再以 104 年版之規範進行檢測，亦可加入詳細評估表或非破壞檢測等。
張文彬經理	各機關及鄉鎮市公所對於 DER&U 法已相當熟悉。
	裂縫之位置很重要，要看是否在主要結構處，針對每道裂縫在橋梁上用粉筆描繪、測量再繪成 CAD 檔是相當耗時的作業。
	目前各縣市政府之檢測預算有限且難以增加，若要用 104 年規範之要求進行檢測是不足的。
	在有限預算下建議可分級檢測，初級採目視檢測，判斷橋梁是否危險性，若有需要再進行進一步檢測。
	有些橋梁如版橋，其裂縫若經過幾年觀察都沒有變化，對橋梁不會有太大的危害，因此歷史檢測資料對於判斷橋梁劣化之嚴重程度是很有幫助的。
	過於嚴格之標準會造成機關應維修構件大增，對機關而言是一項困擾。
	檢測人員之培訓很重要，交通部之訓練課程較少實地的操作，另外，檢測人員之流動率較高，部頒規範是培訓人員之標準，在執行橋梁檢測時，會要求人員依規範進行劣化評等，但其結果對於機關便會造成很大之困擾。
	規範應依結構位置修訂，若非主要結構之劣化可依檢測人員主觀之經驗判斷即可。

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 6)

專家姓名	相關意見
陳振華教授	近幾十年來，交通部運研所與中央大學打造 TBMS(我國橋梁管理資訊系統)，目前已更新到第二代(改版三次)，除已引領各級縣市政府強化轄區橋梁安全維護，並重視橋梁維修與改建更新工作外，同時不論檢測與維修預算都以常年方式編列，因此整個系統具有相當大之貢獻。
	現行的橋梁管理系統之功能，經過幾次更新改版，也更符合現場檢測作業之需求，建議檢測規範制訂應以全國以可駕輕就熟的現用系統為前提，簡化而不失真的現行方法應有較大之效果，而繁雜瑣碎的檢測細節較無助於橋檢安全，可能令檢測人員混淆。
	目視定期檢測的用意係快速篩選出須修復的橋梁構件，甚至於有立即性危險的橋梁亦可藉由目視定檢發現，極具初步檢測意義，而現行檢測方式是相當可呈現出意義。
	不同材質橋梁建議新橋完工後統一使用兩年後開始檢測，並每兩年定期檢測一次。而特殊橋(吊橋、斜張橋、鋼拱橋)則建議完工後逐年檢測。
	橋梁劣化有其時間性，規範太多細節(如裂縫檢測)將可能排擠重要維修預算，對於市政府橋梁維修有很大之衝擊。
宋裕祺教授	104 年規範訂定後有發文給技監室，提醒 97 年鋼構橋梁之檢測規範有那些地方需要配合調整。
	許多橋梁完工後到通車仍有一段時間，因此改為完工使用後兩年內進行第一次定期檢測，已頒布之相關規範應配合新規範更新。
	依照 ACI 規範，主要構件上 0.3mm 寬之裂縫已屬嚴重，規範亦可訂到 3mm 寬，但若出了問題怎麼辦？施工裂縫除外，只要是力學裂縫在定義上，是以 0.3mm 為標準。
	橋梁檢測之目的若無法真正反映出橋梁的問題，每年進行橋梁檢測只流於形式，臺灣也這樣做了十年了，是否還要這樣重複下去？
	檢測預算不足之問題，應積極向政府爭取，使之合理化，該做的還是要做。
	規範規定的細，出了問題大家沒話講，規範若訂得寬鬆，由檢測人員自由心證，出了問題責任在檢測人員。
	目前日本利用光學儀器檢測裂縫的技術很純熟，我國之國家高速網路與計算中心亦已開發影像辨識裂縫之 APP 及程式，檢測人員只需至現場拍攝照片回來用程式辨識即可，NDT 之方法不斷推陳出新，以裂縫辨識而言，一套在十萬元以內。
	裂縫的寬度可以再討論，規範訂得完整及判定標準之量化是在保護工程師，因此需增加之經費應向政府爭取。
	國震中心與國網中心之研究成果也希望與我國橋梁管理系統結合，並可開放給交通部運研所使用。
檢測人員不須針對橋梁狀況評分，只需詳細紀錄橋梁現況，由專家依據現場紀錄之結果進行評估。	

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 7)

專家姓名	相關意見
宋裕祺教授	<p>國家高速網路與計算中心張研究員所開發之裂縫辨識系統雖無法一步到位，誤差雖有 150%，但 0.3mm 即使誤差 150%，頂多到 0.45mm，而此誤差是由 APP 造成的，與檢測人員無關，因此責任不在檢測人員。</p> <p>劣化程度是規範給的，雖不見得是最好的標準，但可以給大家一個依循，檢測人員按規定將現況填回來，若錯是錯規範，由規範幫檢測人員扛責任。</p>
陳明正教授	<p>實際以不同規範執行三座橋梁現地檢測後，使用 104 年的規範進行檢測必定會增加檢測時間(至少一倍以上)，而且很多橋就是無法觸碰到，只能透過長期不斷攝影觀察狀態有無變化。</p> <p>臺灣的倒塌的橋梁多因沖刷、地震，因此檢測應從這部分的角度去思考。</p> <p>使用 104 年規範所評出之 D 值會偏大。</p> <p>在將多個劣化態樣之 D、E 值轉換為綜合評估之一組 D、E 值時，應採平均值還是最大值，規範並未寫明。</p> <p>建議可採分級制度，將 104 年之規範變為高階檢測。</p>
葉啟章主任	<p>橋梁分級制可行，在經費有限之情況下，將資源做有效的運用。</p> <p>以美國之評估方式來說，只給予一個 0~9 的值，無法從中了解是材料劣化還是對結構有影響，而透過 DER&amp;U 的 D 值及 R 值，可以了解是材料本身的劣化，還是對結構、服務性有影響，並且 DER&amp;U 可數位化，但過去的 ABCDN 無法。</p> <p>日本最新的規範有加評一個 E (是否對用路人之安全有影響)，也是間接把類似 DER&amp;U 的 R 值納入評估中。</p> <p>DER&amp;U 整體評估的 CI、PI 值多集中在 80~100 分之間，無明顯的識別度，對於整體性的評估應增加一個五階制的評估，由檢測人員或是後續評估人員在最後評估。</p>
王仲宇教授	<p>DER&amp;U 法的維度比 ABCDN 高，應是較佳之評估方式。</p> <p>DER&amp;U 累積了十多年之資料，也建立了完善的資料庫，但僅停留在資料蒐集的地步，缺乏後續的大數據分析。</p> <p>橋梁檢測之目的，其重點應在於對橋梁安全作出評估、對維修進行排序、對橋梁之狀況進行預測，但目前尚未進行到這些部分。分級制或有其必要性，量測技術應該不是問題，重點是量到裂縫後要做什麼。</p> <p>若今天要修改規範，若要以 ABCDN 取代 DER&amp;U 前，應先提出 DER&amp;U 的缺點，而新提出之方法應如何作到後續橋梁維修排序篩選、結構安全評估、劣化趨勢預測等，而在新方法尚未驗證可行之前，不應輕易取代現有的方法及制度。</p> <p>有效指標的擬定及驗證很重要，或許可開放各縣市政府承辦人員提出創意指標之建議，從其所管轄的橋梁中，以我國橋梁管理系統中的資料建立指標。</p>

表 7.2 專家座談會會議紀錄(續 8)

專家姓名	相關意見
王仲宇教授	除了 DER&U 外，尚有耐震評估、沖刷評估等安全評估表尚未充分使用，同時水下檢測也是很重要的議題，而裂縫除了寬度外，更重要的裂縫深度亦尚未探討。
	建議放寬對裂縫寬度之規定，望遠鏡可看到並且是重要部位之裂縫才去判斷其重要性，再派人去量測。
	DER&U 只是篩選的過程，後續還有安全評估、非破壞檢測、結構分析、結構補強的驗證。
主席 姚乃嘉教授	新橋第幾年進行第一次定期檢測建議依 104 年版規範辦理。
	<p>104 年版規範實務執行時，實務上確有相當之困難度：</p> <p>(a) 規範規定之表格詳細，檢測時須花費極長時間，實務上各單位目前的檢測經費不足以支撐依此規範訂定之方式檢測。</p> <p>(b) 結構構件裂縫寬 0.3mm：</p> <p>(1) 目前雖已有相當之技術於遠距量測此種裂縫，惟尚須經過驗證與教育訓練。</p> <p>(2) 此細微裂縫甚多，D=4 與嚴重劣化之情況相同，造成劣化無鑑別度，對維修作業易產生困擾。</p> <p>(3) 此類型之 D=4 甚多，實務上會造成機關無法按規定須短時間內修繕。</p> <p>(4) 此類細微裂縫常存於橋梁，是否對橋梁造成嚴重劣化尚須長期觀察。</p>
	<p>針對 104 年版之規範，應對方案歸納如下：</p> <p>(a) 由各橋管單位發文交通部，述明上述規範難以依循之理由，請交通部解決。</p> <p>(b) 參考規範精神，但機關另定檢測手冊據以進行檢測。</p> <p>(c) 將橋梁分級，多數橋梁可不需詳細量測到如 0.3mm 以下之裂縫，執行簡單之目視檢測即可，再篩選出劣化嚴重者之橋梁按 104 年規範之標準進行詳細之檢測，並視需要增加耐震評估、耐久性評估、載重能力評估等等。</p> <p>(d) 建議縣市政府及橋梁管理機關提高檢測經費，以目前之經費無法做到如 104 年版規範所要求的詳細程度。</p> <p>(e) 加強推廣新型光學檢測技術，以快速進行細微裂縫之檢測。</p>

## 7.3 國內橋梁檢測方式之具體建議及程序

依專家座談會之結論，本研究提出下列建議事項，並分為短期及中期。

### 7.3.1 短期建議

1. 建議各橋梁管理機關函報交通部，述明 104 年規範之解說於實務執行上窒礙難行之處，請示交通部解決方案。  
說明：依專家座談會與會專家之建議，橋梁管理機關若明年度無足夠之預算執行 104 年版規範之標準，不論原因為何，沒有依規範標準檢測，而發生橋梁因颱風等災害斷橋之情況，責任還是歸咎於管理機關，因此建議各機關正式行文給交通部，說明無法依新規範執行之具體原因。
2. 建議交通部函示各橋梁管理機關，按 101 年頒布之「公路養護規範」及 104 年之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」規範主文辦理橋梁檢測，並依機關之能力依規範之精神訂定適用且可行之檢測手冊。  
說明：97 年頒之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」、101 年頒之「公路養護規範」及 104 年頒之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」均為現行交通部頒規範，橋梁管理機關需據此辦理橋梁檢測等各項業務，但若機關之能力無法達成符合規範解說所載之劣化評估標準，機關應提出符合規範精神之橋梁檢測手冊含評估標準。
3. 建議 104 年之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」之修改方向為原則性、政策性為主。  
說明：依交通部技監室之意見，部頒規範內容架構自 98 年起，已釐訂採綱要性、原則性之條文規定為主，有進一步說明必要或建議參照與示範案例者，則納入解說部分予以說明。因此 104 年規範之主文可不需修訂，僅需修改解說，使實務上能夠執行。
4. 各橋梁管理機關應自行訂定橋梁檢測手冊，可參考高公局之「高速公路養護手冊」、公路總局之「公路養護手冊」或運研所之「橋梁目視檢測手冊(草案)」。  
說明：按 101 年頒布之「公路養護規範」之前言所述，「本規範內容係以基本性與通盤性之規定為原則，公路養護管理機關應按本規範，考量其特殊需求訂定養護制度與養護手冊，其養護作業標準以不低於本規範規定為原則。本規範未規定者得依其他相關規範或參考最新技術辦理。」
5. 建議橋梁管理機關提高檢測經費。  
說明：目前較為合理之橋梁目視檢測單價約為每平方公尺 20 元台幣，依本研究實測結果，使用 104 年版規範所花費之總檢測時間為傳統 DER&U 檢測法之 2 倍，因此橋梁目視檢測單價至少需提升為每平方公尺 40 元台幣，但這不包含租用特殊檢測機具之費用，因此建議需再加上橋檢車之租金，以實作實算方式計價。

### 7.3.2 中期建議

1. 建議橋梁管理機關將橋梁分級，一般橋梁依 101 年頒布之公路養護規範及自訂之橋梁檢測手冊辦理橋梁檢測，重要橋梁及再劣化較嚴重之橋梁則依 104 年規範之標準進行詳細之檢測，並視需要增加耐震評估、耐久性評估、載重能力評估等等。

說明：橋梁管理機關應將所轄橋梁依其重要性及劣化狀態予以分級，按新版之規範，橋梁定期檢測間隔最長不超過 4 年，因此機關可將部份橋梁之檢測頻率降低，同時，針對橋況良好、重要性較低之橋梁依機關自訂或傳統之 DER&U 檢測標準檢測即可，重要橋梁及再劣化較嚴重之橋梁則依 104 年規範之標準進行詳細之檢測，另外，視情況再增加橋梁安全評估，例如對於又沖刷疑慮之橋梁增加耐洪評估，對使用舊設計規範之橋梁增加耐震評估等。

2. 建議國內相關研究單位加強推廣新型光學檢測技術，以快速進行細微裂縫之檢測。

說明：國家實驗研究院(National Applied Research Laboratories)正在研發非接觸式裂縫量測手機系統，目前已有研究成果，但按專家座談會與會專家說法，目前誤差值達 150%，尚待進一步精進，同時建議交通部舉辦此類新型檢測技術之實地示範說明會，使橋梁管理機關第一線人員得到相關資訊以及後續應用方式(包含採購設備、價格、人員訓練等)，有效推廣國內研究單位之成果。

3. 由高公局按交通部技監室之建議，按部頒規範採綱要性、原則性之條文規定為原則，提出 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」之編修計畫。

說明：依專家訪談成果，及專家座談會與會專家提出之意見，現行規範有關橋梁定期檢測時機、頻率、人員資格等，有些不一致之處應一並修訂。本研究於報告第六章中提出，97 年頒之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年頒之「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」在共通部分不一致之處，並建議修訂 97 年之規範，消弭不必要之差異。修訂原則依交通部技監室之意見，部頒規範內容採綱要性、原則性之條文規定為主。

4. 建議建立檢測人員訓練及認證制度。

說明：我國長期以來缺乏橋梁檢測人員之訓練及認證制度，橋梁檢測人員應受過一定時數之專業訓練，並由有經驗之橋梁檢測人員帶領進行一定時數之實地檢測(實習)，才具備正式檢測人員之資格。無論檢測標準訂得多明確或嚴格，實際執行檢測的依然是人，檢測人員需要先能發現劣化之所在，才能按照標準進行劣化評估，因此需要橋檢基本觀念之教育加上實地操作，再者，橋梁檢測過程中難免遇到規範未載之劣化態樣，屆時還是需要由檢測人員依自身之知識及經驗進行判斷。

## 7.4 小結

依交通部技監室之意見，部頒規範內容架構自 98 年起，已釐訂採綱要性、原則性之條文規定為主，有進一步說明必要或建議參照與示範案例者，則納入解說部分予以說明。而依此原則，104 年版規範將檢測標準置於規範之解說中，對橋梁管理機關而言，解說與主文具同地位，並非參考資料，而是必需執行之準則，造成實務執行上確有相當之困難度，主要困難可概分為：(1)檢測時間較以往長，但各單位目前的檢測經費不足以支撐；(2)判斷之尺度有偏移(偏嚴重之趨勢)，D 值很容易達到 4，衍生出檢測失去鑑別度及後續維修困難等問題。

有鑒於此，部份專家提出橋梁檢測分級之方式，初級之檢測，按照過去之 DER&U 方式進行檢測，進階之檢測就按 104 年版規範之標準執行，或是將初級檢測結果劣化較嚴重之橋梁再按 104 年規範之標準進行詳細之檢測，並視需要增加耐震評估、耐久性評估、載重能力評估等。後續規範若進行修訂，一定要達到實務上可操作，在此前提下逐步將檢測之細緻度及完整度往前推，並搭配先進之光學儀器檢測儀器，或影像辨識之 APP，提升檢測之精準度及效率。

本研究依專家座談會之結論，針對未來國內橋梁檢測方式，包含規範之修訂、檢測預算以及人員訓練提出建議，並依分為短期及中期應執行之項目。短期建議項目包含：(1)建議各橋梁管理機關發文交通部，述明 104 年規範難以依循之理由；(2)建議交通部函覆各橋梁管理機關，依 101 年頒布之公路養護規範之相關規定辦理橋梁檢測；(3)各橋梁管理機關應自行訂定橋梁檢測手冊；(4)建議橋梁管理機關提高檢測經費。

中期建議項目包含：(1)建議橋梁管理機關將橋梁分級檢測；(2)建議國內相關研究單位加強推廣新型光學檢測技術；(3)由高公局按交通部技監室之建議，按部頒規範採綱要性、原則性之條文規定為原則，提出 97 年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」之編修計畫；(4)建議建立檢測人員訓練及認證制度

## 第八章 結論與建議

早期國內橋梁之目視檢測主要分為 DER&U 及 ABCDN 兩種目視檢測法，至民國 92 年頒布之「公路養護手冊」，確立將橋梁定期檢測方法明定為 DER&U 目視檢測法，並規定至少每兩年檢測一次。而「公路養護手冊」廢止後，目前國內橋梁檢測相關規範包括「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(民國 97 年頒布)、「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(民國 99 年頒布)、「公路養護規範」(民國 101 年頒布)及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(民國 104 年頒布)。上開 97 年及 104 年版規範，則將 ABCDN 之表格及評估準則導入 DER&U，同時，104 年版規範對於混凝土結構劣化程度判定，過於嚴格且不易操作，將加深現場執行目視檢測人員判讀壓力，並可能造成檢測結果過於保守及失去鑑別度之情況。

本研究先回顧我國橋梁管理之發展過程，與訪談 20 個橋梁管理機關或單位(共 34 位專家)，並舉辦一場專家座談會，以了解各方對過去及現在之檢測規範的看法與建議，另研究亦挑選桃園市境內 3 座混凝土橋梁，使用傳統之 DER&U 檢測法、104 年版規範以及日本高速公路公司之檢測規範進行橋梁檢測，經由前述過程得到以下結論。

### 8.1 結論

#### 一、各國橋梁詳細檢測頻率及檢測人員資格：

本研究回顧美國、英國、南非、丹麥、瑞典、芬蘭、德國、挪威、法國、日本、中國大陸及我國橋梁檢測相關文章或手冊，並翻譯部分日本國土交通省的「道路橋定期檢驗要領」、國土交通省道路局國道、防災課的「橋梁定期檢驗要領」以及日本高速道路公司(NEXCO)最新版之「保全点檢要領 構造物編」。綜觀各個國家的橋梁檢測體系來看，檢測類型可區分為例行性檢測(具有特定週期)與特別檢測(不規律)，大部分國家較為詳細之例行性檢測週期為 3 年到 6 年，法國及中國大陸為 3 年，南非、芬蘭及日本為 5 年，英國、丹麥、瑞典及德國為 6 年。各國家對檢測人員的要求及標準，一般條件包含：獲得認證、實務經驗、相關專業的背景或學位、接受政府的訓練課程等，有一定程度之要求。

#### 二、DER&U 目視檢測評估法適合我國之檢測現況：

傳統 DER&U 目視檢測評估法具備快速、人員訓練較容易、操作性高等優點，有利現場作業，此方法偏重於檢測員個人的主觀評估，較難達到客觀的評估，因此檢測人員之素質成為檢測結果是否準確之關鍵。考量我國河川沖刷、地震、土石流等災害發生頻率，無法如日本或歐洲國家採 5 年或 6 年進行詳細之檢測，我國之規範雖規定至少 2 年定期檢測一次，但部份機關自行提升至 1 年檢測一次甚至半年檢測一次，在有限之人力及經費之下，DER&U 目視檢測評估法十分符合我國之需求，該法自民國 84 年高公局及公路總局開始採用，至民國 92 年公路養護手冊明訂橋梁定期檢測採用 DER&U 目視檢測評估法，成為全國通用之目視檢測評估法，各橋梁管理機關及檢測顧問公司均已相當熟悉，並給予肯定，因此本研究認為無更換其他檢測方式之必要。

### 三、ABCDN 化之 DER&U 檢測法依現有檢測預算難以確實執行：

97 年頒布之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年頒布之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」，將 ABCDN 評估法之構件劣化態樣檢查表及劣化評估標準套入 DER&U，成為 ABCDN 化之 DER&U，此法所需花費之總檢測時間(含現地檢測及報告整理)遠超過原本之 DER&U 法，也比 ABCDN 更加耗時及複雜，在檢測預算有限之情況下，橋梁關理機關無法依此方式確實執行橋梁檢測，依本研究依 104 年版規範實地進行三座橋之檢測結果，所花費之總檢測時間為原本 DER&U 檢測法之 2 倍，因此橋梁目視檢測單價至少需提升 2 倍，另外再加上橋檢車之租金，以實作實算方式計價。

### 四、過於保守之劣化評估標準失去檢測鑑別度：

現行檢測規範在劣化評估準則方面過於保守且嚴格，例如，針對混凝土橋面板之規定為，裂縫最大寬度 0.05 mm 以下(髮狀開裂)為 D=1，裂縫寬度大多 0.2 mm 以下為 D=2，亦即 0.05mm 至 0.2mm 即判定為劣化；對預力混凝土結構物之規定為，裂縫達 0.1mm 即判定為 D=2，大於 0.2mm 即為 D=4；對鋼筋混凝土結構物之規定為，裂縫達 0.2mm 即判定為 D=2，大於 0.3mm 即為 D=4；而在 R 值之判斷上，鋼筋混凝土結構物裂縫寬度介於 0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔小於 50cm，或裂縫寬度大於 0.3 mm (含)，且間隔大於 50cm，即給予 R 等於 4 之評估等級。依此標準檢測將造成以下問題 (1)無法近距離目視或量測時便無法判定劣化程度、(2)過於細小之裂縫目視難以察覺，檢測員看到的裂縫可能都屬於 D=3 或 4、(3)量測上之誤差可能造成 D 及 R 值被誤判。

## 8.2 建議

### 一、依交通部技監室之建議，以「部頒規範採綱要性、原則性之條文規定」為原則，提出 97 年及 104 年之編修計畫。

交通部為因應 98 年莫拉克風災，於 99 年 8 月 2 日召開之「部頒規範公路養護手冊是否修正事宜會議」結論，部頒技術規範應為原則性、政策性或訓示性之技術規定，如屬實際操作面之詳細規定，應由各執行單位制定。因此建議交通部依前述原則修訂 97 年頒之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及 104 年頒之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」。本研究整理專家訪談之意見及三座橋梁實際檢測之經驗，於本報告第六章中提出規範應修訂處，可作為日後規範修訂單位之參考。再者，此二規範在共通部分存在不一致之處，建議一起修訂或將此二規範合併為一本規範，消弭不必要之差異。

### 二、劣化評估標準應以實務可操作為原則進行修訂。

劣化評估標準應考量目前之檢測工具及設備是否到位，以現行規範對於裂縫寬度之要求來說，若檢測人員無法觸碰到構件便無法量測，使用橋檢車並無法解決所有橋梁不易檢測之部位；對於結構沉陷及基礎裸露之判斷，亦需要特殊之設備及竣工圖說才有可能按規範所定之規則進行判定；另外，在部份劣化之判定準則中存在「少許」、「若干」、「輕微」、「顯著」及「嚴重」等用語，對於檢測人員在判斷上並無幫助。以上均會降低規範之可操作性，因此建議準則需要有可變通性，除提供定量之判斷依據，也可同時提供定性之描

述，並賦予檢測人員依現況選擇要採用那一條評估準則之權責。日本 NEXCO 之「保全点檢要領 構造物編」中有提到「檢驗困難處的應對方式」，其「檢驗困難處」是指利用橋檢車等設備仍有困難接近、觸檢或用打音等物理方法檢驗之處，對於不可能使用物理性檢測方法的困難處，應尋求同等效果的手法應對，因此建議我國之規範亦應增加此類條文，並具體提出無法近距檢測或量測時，檢測人員可使用之替代檢測法或判斷方式。

### 三、橋梁管理機關及交通部以正式之公文對規範無法執行提出解決方式。

建議各橋梁管理機關函報交通部，述明 104 年規範之解說於實務執行上窒礙難行之處，請示交通部解決方案。建議交通部函示各橋梁管理機關，按 101 年頒布之「公路養護規範」及 104 年之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」規範主文辦理橋梁檢測，並依機關之能力依規範之精神訂定適用且可行之檢測手冊。

### 四、各橋梁管理機關應自行訂定橋梁檢測手冊。

依 101 年頒布之「公路養護規範」前言所述，「本規範內容係以基本性與通盤性之規定為原則，公路養護管理機關應按本規範，考量其特殊需求訂定養護制度與養護手冊，其養護作業標準以不低於本規範規定為原則。本規範未規定者得依其他相關規範或參考最新技術辦理。」因此建議各橋梁管理機關依所能負擔之人力、經費自行訂定橋梁檢測手冊，在不低於公路養護規範標準之前提下詳述檢測頻率、檢測方法、人員資格、劣化評估標準等。

### 五、橋梁管理機關應提高檢測經費。

依據各縣市政府歷年所執行之橋梁檢測合約，以縣市政府所轄橋梁為例，目前較為合理之橋梁目視檢測單價約為每平方公尺 20 元臺幣，依本研究實測結果，使用 104 年版規範所花費之總檢測時間為傳統 DER&U 檢測法之 2 倍，因此橋梁目視檢測單價至少需提升為每平方公尺 40 元台幣，但這不包含租用特殊檢測機具之費用，因此建議需再加上橋檢車之租金，以實作實算方式計價。針對高公局、公路總局及鐵路局所轄橋梁以及特殊結構型式橋梁，如斜張橋、拱橋、桁架橋等，礙於本研究時間及經費，無法針對各類橋梁進行實地檢測，僅能提出檢測時間會增為 2 倍之結論，供各級機關參考。

### 六、建立橋梁分級檢測機制。

在資源有限之情況下，需要將人力及預算作有效之分配，我國有相當多版橋或一孔之梁式橋，這類橋梁損壞之風險通常較低，損壞後修復之時間及經費亦較低，與有河床沖刷問題之重要跨河橋相比，後者需要更投入更多之資源。因此橋梁管理機關應將所轄橋梁依其重要性及劣化狀態予以分級，按新版之規範，橋梁定期檢測間隔最長不超過 4 年，因此機關可將部份橋梁之檢測頻率降低。另外，參考國外之檢測制度，定期檢測可再分為一般檢測與詳細檢測，詳細檢測週期較長，例如 5~6 年一次，而在兩次詳細檢測中間則插入一般檢測，可一年檢測一次或兩年檢測一次，一般檢測可由機關自訂標準或按傳統之 DER&U 檢測標準，詳細檢測則依 104 年規範之標準，視情況再增加

橋梁安全評估，例如對於又沖刷疑慮之橋梁增加耐洪評估，對使用舊設計規範之橋梁增加耐震評估等。

七、加強研發及推廣新型光學檢測技術。

橋梁檢測品質及速度需要隨著科技發展而提升，若能利用新科技快速對橋梁進行詳細檢測，則檢測規範所定之標準便能夠提高。目前國家實驗研究院(National Applied Research Laboratories)正在研發非接觸式裂縫量測手機系統，現已有研究成果發佈，然而因未積極推廣，許多單位並不知情，又目前系統之誤差值達 150%，尚待進一步精進。未來也建議交通部多舉辦新型檢測技術之實地示範說明會，使橋梁管理機關第一線人員得到相關資訊以及後續應用方式(包含採購設備、價格、人員訓練等)，有效推廣國內研究單位之成果。

八、建立檢測人員訓練及認證制度。

我國長期以來缺乏橋梁檢測人員之訓練及認證制度，橋梁檢測人員應受過一定時數之專業訓練，並由有經驗之橋梁檢測人員帶領進行一定時數之實地檢測(實習)，才具備正式檢測人員之資格。無論檢測標準訂得多明確或嚴格，實際執行檢測的依然是人，檢測人員需要先能發現劣化之所在，才能按照標準進行劣化評估，因此需要橋檢基本觀念之教育加上實地操作，再者，橋梁檢測過程中難免遇到規範未載之劣化態樣，屆時還是需要由檢測人員依自身之知識及經驗進行判斷。

九、新規範頒布前及現行規範修訂頒布前，應由草案研擬單位試行，並召開研討會或公聽會。

依據交通部「部頒技術規範作業機制」第一點部頒技術標準規範之作業程序中，1.1 所述「1.進行規範研訂之基礎調查研究。由草案研擬單位收集國內外相關規範及研發成果等資料，並進行所需之配合研究。2.研訂規範條文草案。依據基礎調查研究成果，由草案研擬單位邀請學者專家及相關實務單位研擬規範條文草案，並進行條文之初審作業。若涉及新技術及新工法之規範，草案研擬單位應進行試作或試算，並召開研討會或公聽會，俟規範草案條文具體可行後，再報請交通部進行審定作業。3.進行審定作業。由技監室邀集產、官、學界之學者專家組成「規範審議委員會」，針對規範草案條文逐條進行複審事宜。」其中第 2 點提到，草案研擬單位應進行試作或試算，並召開研討會或公聽會，俟規範草案條文具體可行後，再報請交通部進行審定作業。建議日後檢測規範修訂後，應安排第一線檢測單位(如工務段)試行，並依據試行單位之建議適度調整後頒布。

## 參考文獻

1. 行政院經濟建設委員會，「我國橋梁安全之初步研究」，1989。
2. 國立中央大學橋梁工程研究中心，「橋梁檢測維修訓練班」講義，1995。
3. 中華顧問工程司，「混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊」，臺灣省住宅及都市發展局，1996。
4. 昭凌工程顧問有限公司，「公路橋梁一般目視檢測手冊」，交通部臺灣區國道高速公路局，1996。
5. 國立中央大學土木系橋梁工程研究中心，「混凝土橋梁檢查手冊」，臺灣省交通處公路局，1997。
6. 臺灣鐵路管理局，「橋梁維修手冊、橋梁維修材料說明書」，1997。
7. 交通部，「1067公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」，1997。
8. 黃宣菁，「我國公路橋梁管理系統架構之研究」，碩士論文，國立中央大學土木工程學系，1997。
9. 交通部路政司，「我國橋梁管理系統之建立與橋梁基本資料調查作業計畫」，橋梁安全維護與管理研討會，臺灣營建研究院，1999。
10. 臺灣鐵路管理局，「橋梁檢查及評估手冊」，1999。
11. 國家地震工程研究中心，「九二一集集大地震全面勘災」精簡報告，1999。
12. 姚乃嘉、任以永、李俊憲，「地理資訊系統在橋梁管理之應用」，營建管理季刊，第三十九期，P.20-29，1999。
13. 唐治平、蔣偉寧、施建志、莊秋明、林呈、周憲德，「橋梁設計維修支援系統之建立(II)---國內現有自然災害危害評估及防治方法之整合研究」，交通部科技顧問室，2000。
14. 蔣偉寧、姚乃嘉等，「建立我國橋梁管理系統研究報告」，交通部運輸研究所，2001。
15. 姚乃嘉、李俊憲，「以生命週期為導向之橋梁資訊管理系統之發展策略」，生命週期導向之橋梁管理系統研討會，2002。
16. 陳生金、黃慶東、楊國珍等，「橋梁耐震能力評估準則之建立研究報告」，交通部公路總局，2003。
17. 交通部，「公路養護手冊」，交通部技術標準規範公路類公路工程處，2003。
18. 唐治平、蔣偉寧、莊秋明、李錫堤、林呈，「高快速公路橋梁鄰近區域之自然災害度潛勢分析研究報告」，交通部公路總局，2004。
19. 蔣偉寧、顏上堯、姚乃嘉、許文科、洪東謀，「橋梁重要程度等級之建立研究報告」，交通部公路總局，2004。
20. 蔣偉寧、姚乃嘉、王仲宇等，「生命週期導向之橋梁資訊管理系統建立及維護管理作業自動化技術開發研究報告」，交通部科技顧問室，2004。
21. 楊振翰，「我國橋梁維護管理現況與未來發展之研究」，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，2005。
22. 廖先格、姚乃嘉，「我國橋梁管理系統介紹」，橋梁維護管理訓練講習課程講義，交通部運輸研究所，2006。
23. 國立中央大學，「我國橋梁管理資訊系統橋梁資料檢核計畫研究報告」，交通部運輸研究所，2007。
24. 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處，2008。
25. 國立中央大學，「縣市政府老舊及受損橋梁整建計畫(二)研究報告」，交通部運輸研究所，2009。
26. 國家地震研究中心，「公路橋梁耐震評估及補強準則之研究成果報告」，交通部公路總局，2009。

27. 國立中央大學，「我國橋梁管理資訊系統橋梁資料查核計畫研究報告」，交通部運輸研究所，2010。
28. 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，2010。
29. 交通運輸部公路科學研究院，「公路橋梁技術狀況評定標準」，2011。
30. 張文鴻，「以三維模型輔助橋梁目視檢測之研究」，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，2012。
31. 薛強等，「臺灣橋梁檢測有效實施建議」，財團法人中興工程顧問社，2012。
32. 國立中央大學，「102 年度我國橋梁管理系統維護管理服務建議書」，交通部運輸研究所，2013。
33. 交通部，「公路養護規範」，交通技術標準規範公路類公路工程，2013。
34. 交通部，「公路鋼筋混凝土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，2014。
35. 國立中央大學，「第二代我國橋梁管理資訊系統建置規劃(二)成果報告」，交通部運輸研究所，2014。
36. 廖先格，「我國橋梁管理系統技術提升之研究」，博士論文，國立中央大學土木工程學系，1997。
37. 國立中央大學，「第二代我國橋梁管理資訊系統建置規劃(3/3)成果報告」，交通部運輸研究所，2015。
38. 李昌鑄，公路橋梁管理系統(CBMS2000)的開發與應用，交通部公路科學研究所，北京，2006
39. 賀志勇、戴少平、袁輝明，CBMS 在高速公路橋涵養護管理中的應用，華南理工大學土木與交通學院，廣東廣州，2010
40. 梁錚、曹明蘭，國內外橋梁管理系統發展綜述，中國，2007
41. Chris LeRose, "The Collapse of the Silver Bridge," West Virginia Historical Society Quarterly, vol. xv, no. 4, Oct. 2001
42. 國際土木及結構工程資料庫，<http://structurae.net/structures/silver-bridge>
43. Jack Roberts, Joseph Pullaro, and Ken Reinhold, "History of Bridge Inspection in the United States and its Integration With Asset Maintenance/Management Projects" [http://www.amotia.org/PDFs/Bridge\\_Inspection\\_and\\_Asset\\_Management.pdf](http://www.amotia.org/PDFs/Bridge_Inspection_and_Asset_Management.pdf)
44. Krishna Chaitanya Kallam, PDA based Bridge Inspection for Pontis Bridge Management System, Iowa State University, Ames, Iowa, 2004.
45. Hao, S. "I-35W Bridge Collapse," Journal of Bridge Engineering, 15(5), 608–614, 2010
46. I-35W bridge fact sheet, Minnesota Department of Transportation.
47. FHWA, Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the National's Bridges, FHWA, 1995.
48. FHWA, Bridge Inspector's Reference Manual, FHWA, 2012.
49. M.J. Ryall, 2 - Inspection and condition rating, In Bridge Management, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001, Pages 28-84, ISBN 9780750650779, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-075065077-9.50003-4>.
50. Rashidi, M. & Gibson, P. (2012). A methodology for bridge condition evaluation. Journal of Civil Engineering and Architecture, 6 (9), 1149-1157.
51. Hearn, G., Puckett, J., Friedland, I., Everett, T., Hurst, K., Romack, G., Christian, G., Shepard, R., Thompson, T. and Young, R., 2005. Bridge preservation and maintenance in europe and south africa
52. Hearn, G. "Bridge Inspection practices. National cooperative highway research program–NCHRP." Synthesis 375 (2007).
53. Ryan, T.W., Hartle, R.A., Mann, J.E. and Danovich, L.J., 2012. Bridge inspector's reference manual (BIRM) .FHWA NHI 12-049.

54. Aktan, A.E., Farhey, D.N., Brown, D.L., Dalal, V., Helmicki, A.J., Hunt, V.J. and Shelley, S.J., 1996. Condition assessment for bridge management. *Journal of Infrastructure Systems*, 2(3), pp.108-117
55. NYS DoT Bridge Inspection Manual, 2016
56. State of Queensland, Bridge Inspection Manual 2004
57. County Surveyors Society (2004) Addendum to CSS guidance note on bridge condition indicators. United Kingdom. Volume 2 Bridge inspection reporting
58. Technical memorandum: bridges and other highway structures series- Bridge condition indicator guide TM-4008
59. Nsabimana, P. (2015). A Method for prioritization of Concrete Bridge Inspections in South Africa (Doctoral Dissertation, of Stellenbosch: University of Stellenbosch).
60. Fadda, Maria Luisa. "Immediate Rating the state of degradation in reinforced concrete bridges based on low-cost investigations." (2016).
61. Dan M. Frangopol, Bridge Life-Cycle Cost Analysis And Life-Cycle Management: A Brief Retrospective And Future Trends, International Forum on Integrated Life-Cycle Management of Infrastructures-Bridges (2003) 1-21.
62. U.S. Department of Transportation, Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991, U.S. Department of Transportation, 1991.
63. Reed M. Ellis, Paul D. Thompson, Rene Gagnon, and Guy Richard, Design and Implementation of a New Bridge Management System for the Ministry of Transport of Québec, Bridge Maintenance, Safety and Management - IABMAS'10: Proceedings of the Fifth International IABMAS Conference, 2010.
64. Miguel E. Ruiz, Eduardo A. Castelli, and Tomás A. Prato, A new Bridge Management System for the National Department of Transportation of Argentina, Bridge Maintenance, Safety Management, Health Monitoring and Informatics - IABMAS '08: Proceedings of the Fourth International IABMAS Conference, 2008.
65. H. Furuta and E. Watanabe, Bridge maintenance and practical bridge management systems in Japan, Bridge Maintenance, Safety and Management - IABMAS'10: Proceedings of the Fifth International IABMAS Conference, 2010.
66. T. Matsui, Y. Wada, S. Sakai and T. Yasuzato, Approach for bridge management using BMS in West Nippon Expressway Company Limited, Bridge Maintenance, Safety and Management - IABMAS'10: Proceedings of the Fifth International IABMAS Conference, 2010.
67. Arne Henriksen, Bridge Management—Routine Maintenance: Recent Experience with the Routine Management Module in the DANBRO Bridge Management System, Transportation Research Board, Washington, DC, 2000.
68. Bryan T. Adey, Leo Klatter, and Jung S. Kong, Overview Of Existing Bridge Management Systems, The IABMAS Bridge Management Committee, 2010.
69. Nie-Jia Yau, Hsien-Ke Liao and Jean-Shiann Lee, "An Overview of Taiwan Bridge Management System (T-BMS)," Construction and Professional Practices, Proceedings of the tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-10), Bangkok, Thailand, 3-5 August, 2006.
70. Nie-Jia Yau and Hsien-Ke Liao, "Development of Bridge Management System in Taiwan," Proceedings of the 5th International Conference on Construction Project Management / 2nd International Conference on Construction Engineering and Management, 1-2 March 2007.
71. Nie-Jia Yau and Hsien-Ke Liao, "Visual Inspection and Evaluation for Special Bridges," Proceedings of 2007 International Symposium on Integrated Life-cycle Design and Management of Infrastructure, 16-18 May 2007.
72. J. Bien, "Modelling of structure geometry in Bridge Management Systems," Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vo. XI, No. 3, pp. 519-532, 2011.
73. Z. Mirzaei, B. Adey, L. Klatter, and J. Kong, The IABMAS Bridge Management ZCommittee Overview of Existing Bridge Management Systems, 2012.

74. H.W. Lochner, Inc., "Railroad Bridge Inspection Manual," Connecticut Department of Transportation Bureau of Public Transportation Office of Rail, April 2012.
75. 国土交通省, 「道路橋定期点検要領」, 国土交通省道路局, 2014。
76. 国土交通省, 「橋梁定期点検要領」, 国土交通省道路局, 2014。
77. 東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社, 「保全点検要領 構造物編」, 高速道路総合技術研究所 (NEXCO 総研), 2015。
78. 国立研究開発法人土木研究所構造物維持研究中心 (Center for Advanced Engineering Structural Assessment and Research, CAESAR) , <https://www.pwri.go.jp/caesar/index-j.html>
79. 国土交通省, 「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン(案)」, 国土交通省近畿地方整備局, 2008
80. 国土交通省, 「塩害橋梁維持管理マニュアル(案)」, 国土交通省北陸地方整備局, 2008
81. 国土交通省, 「橋梁における第三者被害予防措置要領(案)」, 国土交通省道路局, 2004
82. 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/>
83. 十勝毎日新聞, <http://kachimai.jp/>

## 附錄一 期中審查委員會意見及回覆

## 我國橋梁檢測方式之發展探究期中審查委員意見及回覆

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
王委員 瑞麟	無論是我國使用之 DER&U 評估法或是日本使用之 ABCDN 評估法，各有其邏輯性及考量重點；沒有一個橋梁檢測單位能保證其檢測評估方式可確保橋梁安全無虞，因此各評估方式間並無所謂優劣，但現行新規範係於 DER&U 中導入 ABCDN 之評量方式，使得兩個評估系統合一，成為一新創且複雜之評估法。	謝謝委員意見，DER&U 評估法在臺灣已行之有年，新規範將 DER&U 導入 ABCDN 之評量方式的確造成第一線橋檢單位之困擾。	同意團隊回覆意見。
	我國技師法之技師執業範圍內並無檢測一詞，在公路養護規範訂定時，定義檢測是「眼睛檢視加上儀器測量」。日本採用 ABCDN 評估法檢測橋梁時，因評估值要到零點幾 mm，是會用裂縫尺逐一量測裂縫寬度，以達到其所設定之評估程序要求。但日本的橋梁檢測頻率為五年一次，而公路總局為一年兩次，因此若採用同樣的作業程序及精度要求去檢測橋梁，在臺灣的檢測作業實務上會遭遇很大困難。	謝謝委員意見，日本之定期檢測分為一年一次及五年一次兩種，前者為近距目視或遠距目視，目的為掌握橋梁整體現況，後者則要求近距目視與觸檢，以臺灣目前之檢測人力及頻率，應屬於前者。	同意團隊回覆意見。
	當前新規範在解說方面訂了非常多量化數值，使得檢測作業更加繁複，倘花了很多時間及經費檢測，僅能提升稍許之檢測準確度時，則需要考慮新規範之有效性。	謝謝委員意見，新版規範對於部份劣化之鑑別度的確是比較低。	同意團隊回覆意見。
	公路橋、軌道橋之特性不同，其檢測重點亦有差異，建議於報告中對公路橋與軌道橋之檢測方式差異多加著墨。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末報告 3.16 節(第 74 頁)。	已於期末報告中回應處理。
	建議於報告中補充說明美國橋梁檢測之量化評定標準。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末報告 2.2.1 小節(第 13 頁)。	已於期末報告中回應處理。
何委員 鴻文	橋梁檢測應採二階段，第一階段目視檢測不宜太過繁雜，倘發現疑義或較嚴重損壞時，再進行第二階段破壞性或非破壞性之檢測。	謝謝委員意見。	同意團隊回覆意見。
	新的檢測規範雖大幅增加檢測人員之負擔，但得到之效益卻很小，實有檢討之必要。	謝謝委員意見。	同意團隊回覆意見。
	建議於報告第二章中增加中國大陸橋梁管理之發展過程。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末報告 2.2.3 小節(第 27 頁)。	已於期末報告中回應處理。
何委員 鴻文	報告中第 7 頁提到美國 AASHTO 發行了第二版之手冊，建議註明發行之時間，除了手	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末	已於期末報告中回應處

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	冊之外是否還有其他發展。	報告第 7 頁。	理。
	報告內中第 66 頁主文，5.2.2 節提到「清單內之鋼橋」，但本計畫目前著重在混凝土橋之實地檢測，因此鋼橋一詞建議刪除。	謝謝委員意見，期末報告中已刪除相關文字。	已於期末報告中回應處理。
曾委員 志煌	DERU 缺點與改進方式，及 ABCDN 之優點，均應加以說明。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末報告 3.14 節(第 64 頁)。	已於期末報告中回應處理。
	目前新規範已頒布，建議各第一線執行橋檢單位可召開會議，詳列出各項問題，正式發函向交通部反映目前新規範執行困難所在，並適時提出改善建議。	謝謝委員意見，此部份若需研究團隊協助，後續將依主席或交通部指示辦理。	同意團隊回覆意見。
	專家會議之操作應更加嚴謹，與會之專家要有公信力。	謝謝委員意見，遵照辦理。	同意團隊回覆意見。
陳委員 柏源	建議整理不同國家地區之橋梁破壞模式，及其檢測方法是否有相關聯。	謝謝委員意見，因各國相關資料蒐集不完整，僅於期末報告 2.3 節中略為補充。	已於期末報告中回應處理。
	建議整理各國橋梁檢測之人力、頻率或檢測工具。	謝謝委員意見，已於期末報告第二章中補充。	已於期末報告中回應處理。
	建議針對各執行單位所提出之困難點提出可能之因應方式。	謝謝委員意見，已於期末報告第八章中提出短期及中期之建議方式。	已於期末報告中回應處理。
	簡報檔第 7 頁提到美國之橋梁檢測項目，是否可參考國外之規範，對我國之橋梁檢測項目及頻率進行討論。	謝謝委員意見，已於期末報告 2.3 節中補充。	已於期末報告中回應處理。
	建議研究過程中邀交通部技監室參與討論。	謝謝委員意見，遵照辦理。	同意團隊回覆意見。
高公局	104 年新訂的檢測規範在現地並不易執行，例如 RC 裂縫寬度超過 0.2mm 即算是劣化，但這類非常細微之裂縫是否具有維修必要？究該如何維修？均為現地會面臨到之問題。	謝謝委員意見，裂縫尚需視其 R 值及 U 值，方能決定是否需要立即或近期維修。	同意團隊回覆意見。
	專業之橋梁檢測人員本身即有劣化判定之能力，以列表方式規範每一種劣化過於繁複。	謝謝委員意見，長期而言，應建立橋梁檢測人員培訓制度，確保檢測人員素質。	同意團隊回覆意見。
公路總局	本局橋梁之定期檢測分為汛期前檢測及汛期後檢測兩類，由於各類檢測作業均需在時限內完成，因此太細瑣繁複之定量橋檢規定，會對人力造成嚴峻挑戰。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	新規範在操作上是否有其必要性？例如表	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	C3.2.1 採逐劣化態樣填寫 D、E、照片編號等，在執行上確有困難。		覆意見。
公路總局	過去之橋梁檢測評估手冊、97 年公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範、104 年公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範，是否有不同之處，建議列表比較。	謝謝委員意見，已於期末報告第六章中提出比較表。	
	橋梁檢測時會先從重點項目著手，例如橋基是否裸露、裂縫為剪力裂縫或是撓曲裂縫，並非一開始就去量裂縫寬度，而是有需要時才去測量。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	經檢測評估後，D 及 R 大於等於 3 之橋梁構件均會受到列管，採新規範後除會使得被列管之數量大幅增加外，亦將對工務段造成很大壓力。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
臺鐵局	報告內容符合檢測單位之期待。	謝謝委員之肯定。	同意團隊回覆意見。
	臺鐵局之檢測人員會先以目視判斷橋梁有無問題，若有問題再交由土木專家進行研判，以現有之人力並無法在現場檢測時便做到如此詳盡之判斷。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	若需按現行規範委外檢測，在經費上會有問題，並且花了很多時間檢測，卻無法顯示出橋梁哪裡有問題。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	建議實地檢測之橋梁應挑選最有困難度之橋梁，如跨河段有深槽區之橋梁、高橋墩且位於野外之橋梁、長距離之高架橋，並計算出檢測此類橋梁所需之經費。	謝謝委員意見，因本研究案時間及經費有限，故挑選 3 跨以內之橋梁，同時可以簡單之工具(如鋁梯)近距離檢測橋梁各構件。	同意團隊回覆意見。
運計組 (書面意見)	本計畫旨在回顧並盤點我國橋梁檢測方式之發展歷程，其中「DERU」與「ABCDN」兩種檢測方式，在過去規範或手冊都有採用，惟自 TBMS 上線以來，「DERU」已成為統一執行橋檢判定方式，爰建議能針對上開兩方式進行比較(結構分類、執行效率、判定標準完整度/詳細度、主觀程度等)，並製表呈現，以利本研究更臻完備。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末報告 3.14 節(第 64 頁)。	已於期末報告中回應處理。
	目前公路兩大檢測規範(鋼結構及鋼筋混凝土)均引入日本國土交通省「橋梁定期點檢要領」之「ABCDN」之判定準則(或精神)，後續翻譯及研讀工作建請加速，俾利實地檢測作業順利。	謝謝委員意見，翻譯完成之日本文件已附於期末報告中。	已於期末報告中回應處理。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
運計組 (書面 意見)	有關「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」業於 104 年元月頒布，本研究除提出未來修訂方向建議外，應一併提出較易上手之標準操作流程(SOP 或懶人包概念，如附件簡報範例)，俾利橋檢人員於現行架構下，執行檢測過程中能符合規範要求。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末報告 5.2 節(第 74 頁)。	已於期末報告中回應處理。
	請團隊思考於「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」下，執行檢測作業流程中，優先導入「結構裂縫」及「非結構裂縫」之判別方式，此舉才能務實地減低第一線人員工作量體。	謝謝委員意見，判別是否為結構裂縫需一定之專業知識與經驗，根本辦法為加強橋梁檢測人員訓練及建立檢測人員培訓制度。	同意團隊回覆意見。
	報告書文字勘誤： (1)P46 最末段第 3 行「鐵路鋼結構橋梁...」，應為「公路鋼結構橋梁...」。 (2)P1 摘要第二段第 4 行處，內容文句不通，建請釐清並修正。	謝謝委員意見，期末報告中已修正相關文字。	已於期末報告中回應處理。
主席	建議研究團隊多蒐集國外橋梁檢測之配套措施。	謝謝主席，依主席指示辦理。	同意團隊回覆意見。
	未來規範之修訂方向需要說服規範編審之委員，或是各局提出困難之處，再由交通部協調後續執行方式。	謝謝主席，依交通部指示辦理。	同意團隊回覆意見。
	實作橋梁之選擇及專家座談會之名單，由本所與中央團隊討論。	謝謝主席，依主席指示辦理。	同意團隊回覆意見。
	後續之工作會議及期末審查邀請交通部技監室參與。	謝謝主席，依主席指示辦理。	同意團隊回覆意見。
	有關本會議各與會學者專家及機關代表所提意見，請研究團隊充分考量納入報告修正及列表回應；另本次期中報告審查通過，請依合約續辦相關作業。	謝謝主席，依主席指示辦理。	同意團隊回覆意見。



## 附錄二 期末簡報資料

# 我國橋梁檢測方式之發展探究 期末審查



國立中央大學

計畫主持人：姚乃嘉教授

協同主持人：王仲宇教授、陳明正教授、廖先格博士

民國105年12月19日



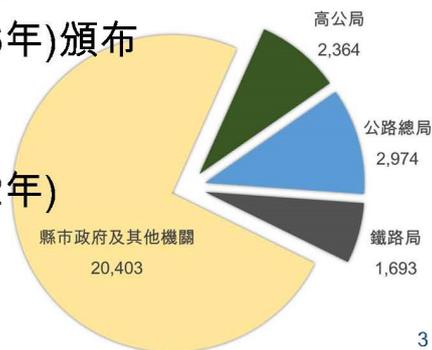
## 簡報大綱

- 一. 計畫背景
- 二. 期中審查意見回覆
- 三. 工作項目及流程
- 四. 國內外檢測評估準則
- 五. 我國橋梁檢測規範發展
- 六. 橋梁管理單位專家訪談
- 七. 實地橋梁檢測及評估
- 八. 檢測規範評估修定建議
- 九. 專家座談會
- 十. 未來國內橋梁檢測方式之具體建議
- 十一. 結論與建議及程序



## 一、計畫背景(1/2)

- 「臺灣地區橋梁管理資訊系統」於民國89年正式上線，105年8月之資料統計，共有正常使用橋梁共27,343座(不含人行天橋)。
- 橋梁會隨著時間逐漸老化或因外力而損壞，橋梁的維護與管理成為重要的課題
- 第一版「公路養護手冊」(76年)頒布
  - 當時國內所使用之目視檢測主要分為DER&U及ABCDN
- 第二版「公路養護手冊」(92年)
  - 將橋梁定期檢測方法明定為**DER&U目視檢測法**



3



## 一、計畫背景(2/2)

- 目前國內橋梁檢測相關標準規範包括：
  - 「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97.12.30頒布)
  - 「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(99.12.2頒布)
  - 「公路養護規範」(101.3.3日頒布)
  - 「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104年1月頒布)
- 97年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及104年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」將**ABCDN之表格及評估準則導入DER&U**
- 對於實際執行目視檢測之單位及人員造成時間、預算、人力及劣化判讀上之壓力

4



## 二、期中審查意見回覆(1/5)

委員姓名	審查意見	研究團隊回覆
王委員瑞麟	無論是我國使用之DER&U評估法或是日本使用之ABCDN評估法，各有其邏輯性及考量重點；沒有一個橋梁檢測單位能保證其檢測評估方式可確保橋梁安全無虞，因此各評估方式間並無所謂優劣，但現行新規範係於DER&U中導入ABCDN之評量方式使得兩個評估系統合一，成為一新創且複雜之評估法。	謝謝委員意見，DER&U評估法在臺灣已行之有年，新規範將DER&U導入ABCDN之評量方式的確造成第一線橋檢單位之困擾
	我國技師法之技師執業範圍內並無檢測一詞，在公路養護規範訂定時，定義檢測是「眼睛檢視加上儀器測量」。日本採用ABCDN評估法檢測橋梁時因評估值要到零點幾mm，是會用裂縫尺逐一量測裂縫寬度，以達到其所設定之評估程序要求。但日本的橋梁檢測頻率為五年一次，而公路總局為一年兩次，因此若採用同樣的作業程序及精度要求去檢測橋梁，在臺灣的檢測作業實務上會遭遇很大困難。	謝謝委員意見，日本之定期檢測分為一年一次及五年一次兩種，前者為近距目視或遠距目視，目的為掌握橋梁整體現況後者則要求近距目視與觸檢，以臺灣目前的檢測人力及頻率應屬於前者。
	當前新規範在解說方面訂了非常多量化數值，使得檢測作業更加繁複，倘花了很多時間及經費檢測，僅能提升稍許之檢測準確度時，則需要考慮新規範之有效性。	謝謝委員意見，新版規範對於部份劣化之鑑別度的確是比較低。
	公路橋、軌道橋之特性不同，其檢測重點亦有差異，建議於報告中對公路橋與軌道橋之檢測方式差異多加著墨。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充， <b>詳期末報告3.16節(第74頁)</b> 。
	建議於報告中補充說明美國橋梁檢測之量化評定標準。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充， <b>詳期末報告2.2.1小節(第13頁)</b> 。

5



## 二、期中審查意見回覆(2/5)

委員姓名	審查意見	研究團隊回覆
何委員鴻文	橋梁檢測應採二階段，第一階段目視檢測不宜太過繁雜，倘發現疑義或較嚴重損壞時，再進行第二階段破壞性或非破壞性之檢測。	謝謝委員意見。
	新的檢測規範雖大幅增加檢測人員之負擔，但得到之效益卻很小，實有檢討之必要。	謝謝委員意見。
	建議於報告第二章中增加中國大陸橋梁管理之發展過程。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充， <b>詳期末報告2.2.3小節(第27頁)</b> 。
	報告中第7頁提到美國AASHTO發行了第二版之手冊，建議註明發行之時間，除了手冊之外是否還有其他發展。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充， <b>詳期末報告第7頁</b> 。
	報告內中第66頁主文，5.2.2節提到「清單內之鋼橋」，但本計畫目前著重在混凝土橋之實地檢測因此鋼橋一詞建議刪除。	謝謝委員意見，期末報告中已刪除相關文字。
曾委員志煌	DERU缺點與改進方式，及ABCDN之優點，均應加以說明。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充， <b>詳期末報告3.14節(第64頁)</b> 。
	目前新規範已頒布，建議各第一線執行橋檢單位可召開會議，詳列出各項問題，正式發函向交通部反映目前新規範執行困難所在，並適時提出改善建議。	謝謝委員意見，此部份若需研究團隊協助，後續將依主席或交通部指示辦理。
	專家會議之操作應更加嚴謹，與會之專家要有公信力。	謝謝委員意見，遵照辦理。

6



## 二、期中審查意見回覆(3/5)

委員姓名	審查意見	研究團隊回覆
陳委員柏源	建議整理不同國家地區之橋梁破壞模式，及其檢測方法是否有相關聯。	謝謝委員意見，因各國相關資料蒐集不完整，僅於 <b>期末報告2.3節中略為補充</b> 。
	建議整理各國橋梁檢測之人力、頻率或檢測工具	謝謝委員意見，已於 <b>期末報告第二章中補充</b> 。
	建議針對各執行單位所提出之困難點提出可能之因應方式。	謝謝委員意見，已於 <b>期末報告第八章中提出短期及中期之建議方式</b> 。
	簡報檔第7頁提到美國之橋梁檢測項目，是否可參考國外之規範，對我國之橋梁檢測項目及頻率進行討論。	謝謝委員意見，已於 <b>期末報告2.3節中補充</b> 。
	建議研究過程中邀交通部技監室參與討論。	謝謝委員意見，遵照辦理。
高公局	104年新訂的檢測規範在現地並不易執行，例如RC裂縫寬度超過0.2mm即算是劣化，但這類非常細微之裂縫是否具有維修必要？究該如何維修？均為現地會面臨到之問題。	謝謝委員意見，裂縫尚需視其R值及U值，方能決定是否需要立即或近期維修。
	專業之橋梁檢測人員本身即有劣化判定之能力，以列表方式規範每一種劣化過於繁複。	謝謝委員意見，長期而言，應建立橋梁檢測人員培訓制度，確保檢測人員素質。
公路總局	本局橋梁之定期檢測分為汛期前檢測及汛期後檢測兩類，由於各類檢測作業均需在時限內完成，因此太細瑣繁複之定量橋檢規定，會對人力造成嚴峻挑戰。	謝謝委員提供資訊。
	新規範在操作上是否有其必要性？例如表C3.2.1採逐劣化態樣填寫D、E、照片編號等，在執行上確有困難。	謝謝委員提供資訊。
	過去之橋梁檢測評估手冊、97年公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範、104年公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範，是否有不同之處，建議列表比較。	謝謝委員意見，已於 <b>期末報告第六章中提出比較表</b> 。

7



## 二、期中審查意見回覆(4/5)

委員姓名	審查意見	研究團隊回覆
公路總局	橋梁檢測時會先從重點項目著手，例如橋基是否裸露、裂縫為剪力裂縫或是撓曲裂縫，並非一開始就去量裂縫寬度，而是有需要時才去測量。	謝謝委員提供資訊。
	經檢測評估後，D及R大於等於3之橋梁構件均會受到列管，採新規範後除會使得被列管之數量大幅增加外，亦將對工務段造成很大壓力。	謝謝委員提供資訊。
臺鐵局	報告內容符合檢測單位之期待。	謝謝委員之肯定。
	臺鐵局之檢測人員會先以目視判斷橋梁有無問題若有問題再交由土木專家進行研判，以現有之人力並無法在現場檢測時便做到如此詳盡之判斷。	謝謝委員提供資訊。
	若需按現行規範委外檢測，在經費上會有問題，並且花了很多時間檢測，卻無法顯示出橋梁哪裡有問題。	謝謝委員提供資訊。
選計組 (書面意見)	建議實地檢測之橋梁應挑選最有困難度之橋梁，如跨河段有深槽區之橋梁、高橋墩且位於野外之橋梁、長距離之高架橋，並計算出檢測此類橋梁所需之經費。	謝謝委員意見，因本研究案時間及經費有限，故挑選3跨以內之橋梁，同時可以簡單之工具(如鉛梯)近距離檢測橋梁各構件。
	本計畫旨在回顧並盤點我國橋梁檢測方式之發展歷程，其中「DERU」與「ABCDN」兩種檢測方式，在過去規範或手冊都有採用，惟自TBMS上線以來，「DERU」已成為統一執行橋檢判定方式，爰建議能針對上開兩方式進行比較(結構分類、執行效率、判定標準完整度/詳細度、主觀程度等)，並製表呈現，以利本研究更臻完備。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳 <b>期末報告3.14節(第64頁)</b> 。
	目前公路兩大檢測規範(鋼結構及鋼筋混凝土)均引入日本國土交通省「橋梁定期點檢要領」之「ABCDN」之判定準則(或精神)，後續翻譯及研讀工作建議加速，俾利實地檢測作業順利。	謝謝委員意見，翻譯完成之日本文件已附於 <b>期末報告</b> 中。

8



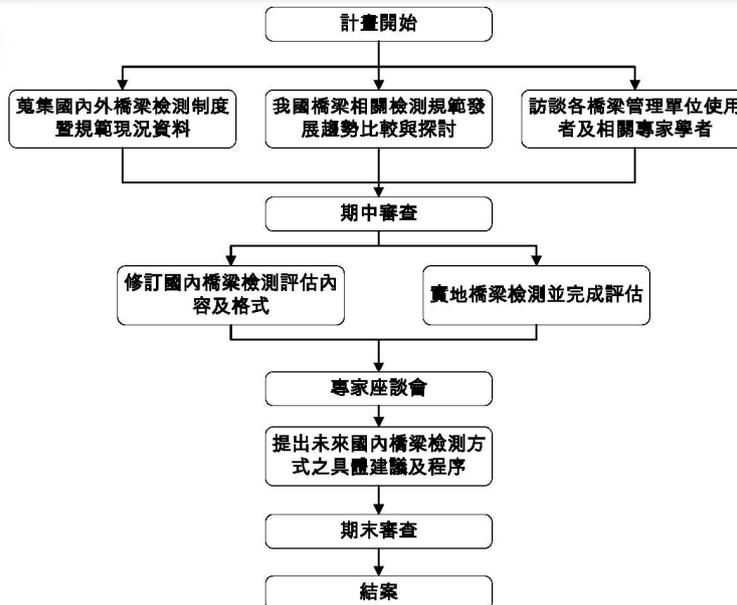
## 二、期中審查意見回覆(5/5)

委員姓名	審查意見	研究團隊回覆
選計組 (書面意見)	有關「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」業於104年元月頒布，本研究除提出未來修訂方向建議外，應一併提出較易上手之標準操作流程(SOP或懶人包概念，如附件簡報範例)，俾利橋檢人員於現行架構下，執行檢測過程中能符合規範要求。	謝謝委員意見，已於期末報告中補充，詳期末報告5.2節(第74頁)。
	請團隊思考於「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」下，執行檢測作業流程中，優先導入「結構裂縫」及「非結構裂縫」之判別方式，此舉才能務實地減低第一線人員工作量體。	謝謝委員意見，判別是否為結構裂縫需一定之專業知識與經驗，根本辦法為加強橋梁檢測人員訓練及建立檢測人員培訓制度。
	報告書文字勘誤： (1)P46最末段第3行「鐵路鋼結構橋梁...」，應為「公路鋼結構橋梁...」。 (2)P1摘要第二段第4行處，內容文句不通，建請釐清並修正。	謝謝委員意見， <b>期末報告中已修正相關文字。</b>
主席	建議研究團隊多蒐集國外橋梁檢測之配套措施。	謝謝主席，依主席指示辦理。
	未來規範之修訂方向需要說服規範編審之委員，或是各局提出困難之處，再由交通部協調後續執行方式。	謝謝主席，依交通部指示辦理。
	實作橋梁之選擇及專家座談會之名單，由本所與中央團隊討論。	謝謝主席，依主席指示辦理。
	後續之工作會議及期末審查邀請交通部技監室參與。	謝謝主席，依主席指示辦理。
	有關本會議各與會學者專家及機關代表所提意見請研究團隊充分考量納入報告修正及列表回應；另本次期中報告審查通過，請依合約續辦相關作業。	謝謝主席，依主席指示辦理。

9



## 三、工作項目及流程



10



## 四、國內外檢測評估準則(1/10)

### • 美國聯邦公路總署 ( FHWA )

- 「全國橋梁檢測標準」 ( National Bridge Inspection Standards , NBIS )
- 「橋梁檢測參考手冊」 ( Bridge Inspector's Reference Manual, BIRM )

針對元件(Element)			針對構件(Component)	
判定等級	判定分數	狀況	分數	狀況
良好 (Good)	1	不需要進行維修	N	不適用或無法評等 ( Not Applicable )
尚可 (Fair)	2	須要進行微調或些許修補，構件仍正常發揮功能	9	非常好 (Excellent)
差(Poor)	3	構件需要進行維修以回復原本設計之功能	8	很好 (Very good)
極差 (Critical)	4	該構件已經毀損，無法發揮其功能	7	好 (Good)
			6	符合需求(Satisfactory)
			5	尚可 (Fair)
			4	差 (Poor)
			3	嚴重(Serious)
			2	危急 (Critical)
			1	幾近毀損 (Imminent failure)
			0	完全毀損 (Failed)

11



## 四、國內外檢測評估準則(2/10)

### - 檢測評估構件(Evaluating Components) :

- 橋面板(Deck)
- 上部結構(Superstructure)
- 下部結構(Substructure)

### - 橋梁元件

- National Bridge Element
  - (1)大梁、(2)桁架、(3)橋拱、(4)鋼纜、(5)版梁、(6)縱梁、(7)橋台、(8)橋墩、(9)柱、(10)箱涵、(11)支承、(12)欄杆、(13)鋼床版、(14)橋面版、(15)節點板、(16)柱/樁、(17)樁帽
- Bridge Management Element
  - (1)伸縮縫、(2)進橋版、(3)摩擦層、(4)防護系統、(5)缺陷標誌

### - 檢測頻率

- 例行檢測(Routine Inspections)為「不超過24個月1次」
- 水下檢測(Underwater Inspections)為「不超過60個月1次」

12



## 四、國內外檢測評估準則(3/10)

- 裂縫判定
- 依據The National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)之專案12-82中的準則(草案)
  - 鋼筋混凝土結構物
    - 裂縫寬度上界為0.006英吋(0.15mm)
    - 裂縫寬度下界為0.012英吋(0.3mm)
  - 濱海地區或暴露在抗凍劑之環境下
    - 裂縫寬度上界為0.006英吋(0.15mm)
    - 裂縫寬度下界為0.007英吋(0.18mm)
  - 預力混凝土結構物
    - 撓曲裂縫寬度超過0.006英吋(0.15mm)以上，需評估其設計強度是否足夠

13



## 四、國內外檢測評估準則(4/10)

- 日本國土交通省
  - 「道路橋定期檢驗要領」(2014年6月)
  - 定期檢測頻率：5年1次
  - 針對各構件進行健全性診斷
  - 以所有主構件中最嚴重的健全性區分作為整座橋梁的區分代表

健全性診斷

區分	狀態	措施
I 健全	未發生造成結構物功能障礙的狀態	不需要進行監控或採取對策的狀態
II 預防維修階段	雖未發生造成結構物功能障礙的狀態，但由預防維修的觀點來看希望加以處理	依據狀況，建議進行監控或採取對策的狀態
III 早期處理階段	有可能已發生造成結構物功能障礙的問題，應採取早期處理措施	有必要及早進行監控或採取對策的狀態
IV 緊急處理階段	已經發生造成結構物工程障礙的問題，或者是極有可能發生，須立即採取緊急處理措施	有必要採取緊急對策的狀態

14



## 四、國內外檢測評估準則(5/10)

- 日本國土交通省
  - 「橋梁定期檢驗要領」(2014年6月)
  - 混凝土裂縫判定

裂縫寬度		裂縫間距	
程度	一般的狀況	程度	一般的狀況
大	裂縫幅度大(RC結構0.3mm以上, PC結構0.2mm以上)。	大	裂縫間隔小(最小裂縫間隔0.5m未滿)。
中	裂縫幅度中等(RC結構0.2mm以上0.3mm未滿, PC結構0.1mm以上0.2mm未滿)。	小	裂縫間隔大(最小裂縫間隔0.5m以上)。
小	裂縫幅度小(RC結構0.2mm以下, PC結構0.1mm以下)。		

損傷程度	區分	肉眼可見最大裂縫幅度的程度	肉眼可見最小裂縫間隔的程度
	a	沒有損傷	
	b	小	小
	c	小	大
	d	中	小
	e	大	大

15



## 四、國內外檢測評估準則(6/10)

- 日本高速道路株式會社(NEXCO)
  - 「保全點檢要領 構造物篇」(2015年4月)

檢測類別			
檢驗種類	檢驗主要目的	檢驗方法	檢驗頻率
初期檢驗 (土工結構物)	掌握初期狀況	近距目視或遠距目視, 必要時併用觸檢或打音等非破壞型檢查檢驗	開始使用前、結構變更時
初期檢驗 (土工結構物以外)	掌握初期狀況、防止第三人被害	近距目視與觸檢或打音, 必要時併用非破壞型檢查檢驗	開始使用前、結構變更時
	掌握初期狀況、健全性、維護	近距目視或遠距目視, 必要時併用觸檢或打音等非破壞型檢查檢驗	開始使用前、結構變更時
日常檢驗	日常安全之確認	適當結合車上目視、車上感覺、遠距目視等方法實施檢驗, 必要時下車確認	依交通量設定: 4日以上/2週 5日以上/2週 6日以上/2週 7日以上/2週
定期檢驗	基本檢驗	掌握安全性、範圍內整體現狀	1次以上/年
	詳細檢驗	防止第三人被害 健全性的掌握 個別判定 維持等 健全性評估	1次以上/5年 1次以上/5年
臨時檢驗	特別檢驗	其他檢驗之補全、類似結構物之掌握	必要時
	緊急檢驗	防災相關準則等參考	必要時

16



## 四、國內外檢測評估準則(7/10)

- 日本高速道路株式會社(NEXCO)
  - 「保全點檢要領 構造物篇」(2015年4月)

個別判定	
判定區分	一般的狀況
針對個別劣化判定	AA 劣化顯著，對功能面有非常高的影響，有必要盡速應對。
	A 有劣化，會影響功能下降，有必要檢討對策。
	A1 有劣化，對功能下降有較高的影響。
	A2 有劣化，對功能下降有較低的影響。
	B 有劣化，對功能下降無影響，但有必要繼續監視變形的狀態。
	C 有劣化狀態，有必要調查。
針對第三者受害判定	OK 沒有劣化或劣化輕微。
	E 可能對交通安全或第三方等有阻礙，有必要判斷對策。

健全度評估		
劣化等級	劣化或老化的進行	結構物的功能
I	沒有問題和劣化	看不到老化的發生
II	輕微劣化	雖然開始發生老化，但並沒有降低耐重程度和通行能力。
III	發生劣化	持續老化，耐重程度和通行能力有相較降低，有必要注意
IV	劣化顯著	耐重程度降低，可能會危及到安全性。另外，通行能力也下降恐怕會影響使用。
V	嚴重劣化	耐重程度嚴重降低，有安全性的問題。另外，通行能力也嚴重下降，有使用上的問題。

17



## 四、國內外檢測評估準則(8/10)

- 中華人民共和國交通運輸部
  - 「公路橋梁技術狀況評定標準」(2011)

針對全橋		針對主要構件		針對次要構件	
技術狀況評定等級	橋梁技術狀況描述	技術狀況評定等級	橋梁技術狀況描述	技術狀況評定等級	橋梁技術狀況描述
1類	全新狀態，功能完好。	1類	全新狀態，功能完好。	1類	全新狀態，功能完好；或功能良好，材料有輕度缺損、汙染等。
2類	有輕微缺損，對橋梁使用功能無影響。	2類	功能良好，材料有局部輕度缺損或汙染。	2類	有中等缺損或汙染。
3類	有中等缺損，尚能維持正常使用功能。	3類	材料有中等缺損，或出現輕度功能性病害，但發展緩慢，尚能維持正常使用功能。	3類	材料有嚴重缺損，出現功能降低，進一步惡化將不利於主要部件，影響正常交通。
4類	主要構件有大的缺損，嚴重影響橋梁使用功能；或影響承載力，不能保證正常使用。	4類	材料有嚴重缺損，或出現中等功能性病害，且發展較快；結構變形小於或等於規範值，功能明顯降低。	4類	材料有嚴重缺損，失去應有功能，嚴重影響正常交通；或原無設置，而調查需要補設。
5類	主要構件存在嚴重缺損，不能正常使用，危及橋梁安全，橋梁處於危險狀態。	5類	材料有嚴重缺損，出現嚴重的功能性病害，且有持續擴展現象；關鍵部位的部份材料強度達到極限，變形大於規範值，結構的強度、剛度、穩定性不能達到安全通行的要求。		

18



## 四、國內外檢測評估準則(9/10)

### • 中華民國交通部

- 「公路養護手冊」(92年)
- 「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97年)
- 「公路養護規範」(101年)
- 「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104年)

#### 針對構件

	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	緊急處理維修

19



## 四、國內外檢測評估準則(10/10)

檢測週期	美國	英國	南非	丹麥	瑞典	芬蘭	德國	挪威	法國	日本	中國	臺灣
1個月											經常	巡查
3個月							簡易					
半年												定期***
1年			監測	例行	簡易	年檢			年檢&詳細**	基本		定期***
2年	定期	一般										定期***
3年					一般		次要		IQOA & 詳細**		定期	
4年						一般						
5年	水下		基本			基本&水下				詳細		
6年		主要		主要	進階		主要		水下&詳細**			
8年						一般*						
9年									詳細**			
15年						懸吊						

\*針對大型跨水橋

\*\*非常不健全的橋1年1次、不健全的橋3年1次、一般橋6年1次、堅固的橋9年1次

\*\*\*高公局橋梁半年1次、公路總局跨河橋半年1次、公路總局非跨河橋1年1次、縣市政府2年1次

20



## 五、我國橋梁檢測規範發展(1/9)

編號	文件名稱	頒布年(民國)	頒布機關(或單位)	適用橋梁	檢測使用之評估法	劣化評估準則
1	橋梁檢測維修訓練班講義	84	國立中央大學	鐵/公路混凝土橋	DER&U	以簡單案例說明
2	公路橋梁一般目視檢測手冊	85	高公局	公路混凝土橋	DER&U	詳細列表
3	混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊	85	住都局	公路混凝土及鋼橋	ABCDN	詳細列表
4	混凝土橋梁檢測手冊	86	公路總局	公路混凝土橋	DER&U	詳細列表(同編號2)
5	橋梁維修手冊、橋梁維修材料說明書	86	鐵路局	鐵路橋	ABCS	原則性說明
6	1067公厘軌距軌道橋樑檢查養護規範	86	交通部	鐵路橋	未明定	無
7	橋梁檢查及評估手冊	88	鐵路局	鐵路混凝土及鋼橋	ABCDN	詳細列表
8	公路養護手冊	92	交通部	公路混凝土及鋼橋	DER&U	原則性說明
9	公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	97	交通部	公路鋼橋	DER&U+ABCDN	詳細列表
10	鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	99	交通部	鐵路鋼橋	未明定	無
11	橋梁目視檢測評估手冊草案	100	交通部運研所	鐵/公路所有橋梁	DER&U	詳細列表
12	公路養護規範	101	交通部	公路混凝土及鋼橋	DER&U	無
13	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範	104	交通部	公路混凝土橋	DER&U+ABCDN	詳細列表

21



## 五、我國橋梁檢測規範發展(2/9) - DER&U與ABCDN比較

比較項目	DER&U	ABCDN	ABCDN化之DER&U
比較用之規範或手冊	公路橋梁一般目視檢測手冊(民國85年)	混凝土、鋼橋一般檢測手冊及混凝土、鋼橋特殊檢測概要手冊(民國85年)	公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範(民國104年)
檢測表格	1張矩陣式評估表	1張綜合評估表+16張檢核式評估表	1張矩陣式評估表+最少5張檢核式評估表(視橋孔數增加)
檢測構件	21項構件(梁式橋)	8項構件	21項構件(梁式橋)
評估面相	D、E、R、U共四個面相	一個面相	D、E、R、U共四個面相
評估等級	1~4四個等級(0為特殊)	A~D及OK五個等級(N為特殊)	1~4四個等級(0為特殊)
評估準則	以定性說明劣化現象所對應之D、R及U值，較少量化之標準	以定性及定量方式說明劣化現象所對應之A~D值。	以定性及定量方式說明劣化現象所對應之D、R及U值。
判定標準	以檢測人員判斷為準	依評估準則所述為準	依評估準則所述為準
優勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡單明瞭</li> <li>快速辨識</li> <li>現場檢測時間短</li> <li>檢測成本較低</li> <li>檢測表可全面且快速的檢視橋梁整體狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>較詳細</li> <li>內容清楚，有助經驗較淺之檢測人員辨識</li> <li>減少檢測人員之主觀判斷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>較詳細</li> <li>內容清楚，有助經驗較淺之檢測人員辨識</li> <li>減少檢測人員之主觀判斷</li> </ul>
劣勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>無法很客觀的進行量化的判斷</li> <li>無法對各構件現況有較細部的檢測</li> <li>無經驗的橋檢人員，檢測結果無法真實反映橋梁狀況</li> <li>需另外備註損傷現象</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場檢測時間長</li> <li>檢測成本較高</li> <li>表格數量多，不適合現場填寫</li> <li>實際執行難度高</li> <li>手冊未明訂之劣化會造成填寫困擾</li> <li>評估結果較保守</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場檢測時間長</li> <li>檢測成本較高</li> <li>表格數量多，不適合現場填寫</li> <li>實際執行難度高</li> <li>規範未明訂之劣化會造成填寫困擾</li> <li>評估結果較保守</li> <li>評估過程較為繁複</li> </ul>

22



## 五、我國橋梁檢測規範發展(3/9) - 混凝土裂縫評估準則比較

規範名稱	D值	1		2		3		4	
		描述	限制	限制	限制	限制	限制	限制	限制
民85年 公路橋梁一般目視檢測 手冊	橫向裂縫	無裂縫	小於0.3mm, 無水流穿透或鋼筋銹蝕		0.3~0.6mm, 無水流穿透或鋼筋銹蝕		大於0.6mm, 無水流穿透或鋼筋銹蝕		
	剪力裂縫	無裂縫	小於0.2mm, 無水流穿透或鋼筋銹蝕		0.2~0.3mm, 無水流穿透或鋼筋銹蝕		大於0.3mm, 有水流穿透或鋼筋銹蝕		
民85年 混凝土、鋼橋一般檢測 手冊	ABCDN	OK	A	B	C	D			
	雙向裂縫	無裂縫	大於0.1mm, 且間隔大於60cm	大於0.1mm, 且間隔在40~60cm間	小於0.2mm, 且集中或呈龜甲狀	大於0.1mm, 且間隔小於40cm	大於0.2mm, 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	
民88年 (鐵路)橋梁檢查及評估手冊	ABCS	S	C	B	A	AA			
	混凝土裂縫	無裂縫	0.1~0.2mm, 且間隔大於1m	大於0.2mm, 且間隔在50cm~1m間	0.1~0.2mm, 且集中	大於0.2mm, 且間隔小於50cm	大於0.2mm, 且集中	混凝土剝落, 或有明顯之裂縫預測會剝落	
民97年 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	D值	1	2		3		4		
	雙向裂縫	大於0.1mm, 且間隔大於60cm	大於0.1mm, 間隔介於40~60cm間		小於0.2mm, 且集中或呈龜甲狀		大於0.1mm, 且間隔小於40cm		
民100年 橋梁目視檢測評估手冊(草案)	D值	1	2		3		4		
	裂縫	無裂縫	0.3mm以下, 無滲水或鋼筋銹蝕現象		0.3~0.6mm, 無滲水或鋼筋銹蝕現象		0.6mm以上, 有滲水或鋼筋銹蝕現象		
民104年 公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範	D值	1	2		3		4		
	RC裂縫	無裂縫	小於0.2mm, 且間隔大於50cm	0.2~0.3mm, 且間隔大於50cm	0.2mm~0.3mm, 且間隔小於50cm	大於0.3mm, 且間隔大於50cm	大於0.3mm, 且間隔小於50cm		
	PC裂縫	無裂縫	小於0.1mm, 且間隔大於50cm	0.1~0.2mm, 且間隔大於50cm	0.1mm~0.2mm, 且間隔小於50cm	大於0.2mm, 且間隔大於50cm	大於0.2mm, 且間隔小於50cm		
	RC橋面版裂縫	寬度0.05mm以下(鑿狀開裂), 間隔100cm以上	大多0.1mm以下, 部分超過0.1mm, 間隔50~100cm		大多0.2mm以下, 部分有顯著之混凝土剝落, 間隔20cm~50cm		大於0.2mm, 且有相當連續且顯著的混凝土剝落; 間隔20cm以下		



## 五、我國橋梁檢測規範發展(4/9) - 混凝土剝落評估準則比較

規範名稱	D值	1		2		3		4	
		描述	限制	限制	限制	限制	限制	限制	限制
民85年 公路橋梁一般目視 檢測手冊	混凝土剝落	無剝落	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出		鋼筋部分露出且無腐蝕現象		鋼筋完全露出, 無腐蝕現象		
民85年 混凝土、鋼橋一般 檢測手冊	ABCDN	OK	A	B	C	D			
	混凝土剝落	無剝落	面積小於0.1m <sup>2</sup>	面積0.1~0.3m <sup>2</sup>	小塊剝落(直徑小於50cm)	面積大於0.3m <sup>2</sup>	小塊剝落(直徑大於50cm)	剝落或持續性剝落	
民88年 (鐵路)橋梁檢查及評估手冊	ABCS	S	C	B	A	AA			
	混凝土剝落	無剝落	面積小於0.1m <sup>2</sup>	面積0.1~0.3m <sup>2</sup>	小塊剝落(直徑小於50cm)	面積大於0.3m <sup>2</sup>	小塊剝落(直徑大於50cm)	剝落或持續性剝落	
民97年 公路鋼結構橋梁之 檢測及補強規範	D值	1	2		3		4		
	混凝土剝落	面積小於0.1m <sup>2</sup>	面積0.1~0.3m <sup>2</sup>		小塊剝落(直徑小於50cm)		面積大於0.3m <sup>2</sup>		
民100年 橋梁目視檢測評估 手冊(草案)	D值	1	2		3		4		
	混凝土剝落	無裂縫	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出		鋼筋部分露出且無腐蝕現象		鋼筋完全露出, 無腐蝕現象		
民104年 公路鋼筋混凝土結構 橋梁之檢測及補 強規範	D值	1	2		3		4		
	混凝土剝落	面積小於0.1m <sup>2</sup>	面積0.1~0.3m <sup>2</sup>		小塊剝落(直徑小於50cm)		面積大於0.3m <sup>2</sup>		
							小塊剝落(直徑大於50cm)		
							剝落或持續性剝落		



## 五、我國橋梁檢測規範發展(5/9) – 混凝土空洞(蜂窩)評估準則比較

民85年 公路橋梁 一般目視 檢測手冊	D值	1	2		3	4		
蜂窩	無蜂窩		有少量的蜂窩且鋼筋並未外露		鋼筋部分外露， 且已有腐蝕現象	鋼筋完全外露， 但尚未有腐蝕現象	鋼筋完全露出而且預力 套管露出，但尚未腐蝕	
民85年 混凝土、 鋼橋一般 檢測手冊	ABCDN	OK	A		C		D	
空洞	無空洞		稍有不良 聲音	局部有空 洞	面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之空 洞	主構件局部 有明顯之空 洞	面積大於0.2m <sup>2</sup> 之空洞	未定義
蜂窩	無蜂窩		局部有蜂窩		面積小於0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩		面積大於0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩	未定義
民88年 (鐵路)橋梁 檢查及評 估手冊	ABCS	S	C		A		AA	
空洞	無空洞		稍有不良 聲音	局部有空 洞	面積小於 0.2m <sup>2</sup> 之空 洞	主構件局部 有明顯之空 洞	面積大於0.2m <sup>2</sup> 之空洞	未定義
蜂窩	無蜂窩		局部有蜂窩		面積小於0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩		面積大於0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩	未定義
民97年 公路鋼結 構橋梁之 檢測及補 強規範	D值	1	2		3	4		
空洞	稍有異常 聲音	局部有 空洞	面積小於0.2m <sup>2</sup> 之空 洞		主構件局部有明顯之空洞	面積大於0.2m <sup>2</sup> 之空洞	未定義	
蜂窩		局部有蜂窩	面積小於0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩			面積大於0.2m <sup>2</sup> 之蜂窩	未定義	
民100年 橋梁目視 檢測評估 手冊(草案)	D值	1	2		3	4		
蜂窩	無蜂窩		有少量的蜂窩且鋼筋並未外露		鋼筋部分外露， 且已有腐蝕現象	鋼筋完全外露， 但尚未有腐蝕現象	鋼筋完全露出而且預力 套管露出，但尚未腐蝕	
民104年 公路鋼筋 混凝土結 構橋梁之 檢測及補 強規範	D值	1	2		3	4		
空洞(或 蜂窩)	稍有異常 聲音	局部有 空洞(或 蜂窩)	面積小於0.2m <sup>2</sup> 之空 洞(或蜂窩)		主構件局部有明顯之空 洞(或蜂窩)	面積大於0.2m <sup>2</sup> 之空洞(或蜂窩)	未定義	

25



## 五、我國橋梁檢測規範發展(6/9) – 混凝土橋墩裂縫R及U評估準則比較

民97年 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範	劣化程度			R			U		
	劣化程度	R	U	劣化程度	R	U	劣化程度	R	U
如果裂縫寬度小於0.2mm，而且沒有滲漏現象。	0	0	0	裂縫寬度0.3mm以下，且沒有滲漏現象。	1	1	RC結構物裂縫寬度小於0.2mm，且間隔大於50cm。	b	1
裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性。	1	2	2	裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性。	1	2	RC結構物裂縫寬度小於0.2mm，且間隔小於50cm。	c	1-2
							RC結構物裂縫寬度介於0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔大於50cm		
裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性，不過鋼筋混凝土有銹蝕情形。	2	3	3	裂縫為局部性且有滲漏現象，但不影響橋墩結構之完整性，不過鋼筋有銹蝕情形。	2	3	RC結構物裂縫寬度介於0.2 mm (含)~0.3mm (未滿)，且間隔小於50cm	d	2-3
							RC結構物裂縫寬度大於0.3 mm (含)且間隔大於50cm。		
裂縫為全面性，鋼筋混凝土亦有銹蝕情形，但影響橋墩結構完整性之程度不大。	3	4	4	裂縫為全面性，鋼筋亦有銹蝕情形，但影響橋墩結構完整性之程度不大。	3	4		e	3-4
裂縫為局部或全面性，橋墩結構之完整性受到嚴重影響，有損毀之危險，且鋼筋已有明顯之銹蝕現象。	4	4	4	裂縫為局部或全面性，橋墩結構之完整性受到嚴重影響，有損毀之危險，且鋼筋已有明顯之銹蝕現象。	4	4	RC結構物裂縫寬度大於0.3mm(含)且間隔於小50cm。		

26



## 五、我國橋梁檢測規範發展(7/9)

- 現行之鐵路橋梁檢測之相關規範
  - 「1067公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」(103年部份修訂)
  - 「鐵路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(99年12月頒布)
  - 未明確提及定期檢測所使用之方法、表格及劣化評估準則
  - 「1067公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」中提到「合於規定之最重機車通過橋梁時，應測量橋梁中心部分之撓度」
  - 無鋪面、緣石與人行道等項目
  - 需增加維修走道、避車台、擋碴牆等項目
  - 在橋梁結構主體上是可採用與公路橋相同之規範

27



## 五、我國橋梁檢測規範發展(8/9)

- 現行之公路橋梁檢測之相關規範
  - 檢測頻率之規定並不一致
    - 公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範(民國97年)：定期檢測之頻率不得少於兩年一次，但經管理機關核准，得不超過四年。完工五年內之新建橋梁仍應辦理經常巡查，若無特殊狀況，得自**完工後第五年進行第一次定期檢測**
    - 公路養護規範(民國101年)：完工五年內之新建橋梁若無特殊情况，應自**完工後之第六年進行第一次定期檢測**，爾後定期檢測之間隔以不超過兩年為原則
    - 公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範(民國104年)：新建橋梁應於**完工使用後二年內進行第一次定期檢測**，爾後定期檢測之間隔以兩年為原則，公路養護管理機關或單位得視實際狀況調整，惟不得超過四年。

28



## 五、我國橋梁檢測規範發展(9/9)

- 同樣構件且相同劣化類型之D、E、R值判定有差異
- D=1之定義由良好變為可以有微小劣化
  - DER&U在D值之評分上，D=1是良好，2~4是不同之劣化程度，共三級
  - ABCDN在構件良好時是填寫「OK」，劣化的評分是A~D，共四級，差了一級
  - 民國97年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及民國104年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」，將ABCDN法中之A級，納入DER&U法中的D=1，造成原本D=1是完全無劣化的定義，變成了可以有微小劣化
- 評估列表出現R=0且U=0之異常標準
  - 民國97年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」在R及U值判定上有寫到R=0及U=0，這與DER&U之定義有相違之處，R=0之定義是無法判定重要性，而U=0是無法判定急迫性

29



## 六、橋梁管理單位專家訪談(1/9)

- 藉由訪談了解實際執行橋梁檢測業務之人員，對於檢測規範之相關要求能否順利執行，或有其窒礙難行之處，並對未來可能之修訂方向提出建議
- 訪談問題：
  - 傳統之DER&U目視檢測法及紀錄方式有何優缺點？
  - 傳統之DER&U目視檢測法及紀錄方式建議改善方向？
  - 現行規範之DER&U目視檢測法及紀錄方式有何優缺點？
  - 現行規範之DER&U目視檢測法及紀錄方式建議改善方向？
  - 現行規範之劣化程度評估標準是否合理且可執行？
  - 針對未來橋梁檢測規範之修訂可朝何方向進行？是否有具體建議？
  - 其他任何建議事項？

30



## 六、橋梁管理單位專家訪談(2/9)

### • 訪談專家列表

場次	人次	日期	專家	所屬單位	職稱或負責項目
1	1	2016/6/27	張善鈞	萬鼎工程	主任工程師
	2		蔡伯中	萬鼎工程	資深工程師
2	3	2016/6/27	葉啟章	中興工程	主任
	4		劉宗憲	中興工程	工程師
3	5	2016/6/29	游嫻茹	嘉義市政府	橋梁檢測承辦
4	6	2016/6/29	蔡秉杰	嘉義縣政府	橋梁檢測承辦
	7		陳振華	高雄大學	教授/檢測廠商
5	8	2016/6/30	黃哲君	苗栗縣政府	科長
	9		曾若涵	苗栗縣政府	技士
	10		張文彬	荔盛工程	經理/檢測廠商
6	11	2016/7/1	林正偉	臺灣世曦	正工程師
7	12	2016/7/1	王瑞麟	中華顧問工程司	技師
8	13	2016/7/1	毛一祥	中華顧問工程司	正工程師
	14		蔡欣局	中華顧問工程司	正工程師
9	15	2016/7/4	蔡旭彥	鐵路局台中段	技術助理
10	16	2016/7/5	陳柏源	交通部路政司	技正
11	17	2016/7/5	林安彥	前高公局工務組	組長

31



## 六、橋梁管理單位專家訪談(3/9)

### • 訪談專家列表(續)

場次	人次	日期	專家	所屬單位	職稱或負責項目
12	18	2016/7/6	巫俊憲	公路總局中壢工務段	橋梁業務承辦
13	19	2016/7/7	陳宗宏	鐵路局工務處	科長
14	20	2016/7/11	李仁豪	高公局工務組	幫工程司
	21		劉德儼	高公局南工處	幫工程司
	22		吳明宗	南工處岡山工務段	幫工程司
	23		張高銘	南工處白河工務段	工程師
15	24	2016/7/12	陳致遠	高公局中工處	工程員
	25		吳松旺	中工處大甲工務段	幫工程司
	26		曾建銘	鹿島工程技術顧問	檢測廠商
16	27	2016/7/13	楊秉順	公路總局道工科	科長
	28		延允中	公路總局道工科	正工程司
17	29	2016/7/14	蔡寬忠	雲林縣政府	橋梁檢測承辦
	30		李啟璋	臺灣整合防災	檢測廠商
18	31	2016/7/15	陳俊仲	國家地震研究中心	副研究員
19	32	2016/7/21	彭煥儒	高公局中工處	處長
20	33	2016/8/22	陳毅銘	公路總局二工處	工程司
	34		李坤哲	黎明工程	檢測廠商

32



## 六、橋梁管理單位專家訪談(4/9)

### • 高公局

#### – 主要執行問題與困難

- 量測值過於嚴格，D值很容易達3以上，遇到無法量測之狀況則無法辦定
- 混凝土裂縫會有溫度裂縫或乾縮裂縫，0.05 mm的檢測標準難以執行
- 需要近距離量測，是否有合適之工具可以使用，執行難度太高

#### – 主要執行與修正建議

- 建立檢測人員訓練證照制度
- 就橋梁特性與重要性進行分級，並且針對重要部位或構件漸進式導入規範檢測要求
- 規範修訂時，邀集橋梁檢測公司及執行橋檢業務之工務段參與
- 若引進國外規範，應將該規範配套措施一併導入，如訓練制度、檢測成本規劃、使用工具限制等

33



## 六、橋梁管理單位專家訪談(5/9)

### • 公路總局

#### – 主要執行問題與困難

- 需近距離量測，以現行機具、成本與時程要求幾乎無法達成
- 量化標準是否過於保守，出現裂縫就是D=3或4，鑑別度不高，且D值大於3需要列管，需增加維修人力與經費
- 判定為劣化後若無對應之維修作業，將失去檢測意義
- U值有區間值，檢測人員與維修人員之解讀易有落差

#### – 主要執行與修正建議

- 應減少量化門檻，以定性門檻為標準可行性才高
- 橋梁與規範應進行分級，分層施行才能發揮管理效益
- 檢測標準應回歸到各單位手冊中
- R值是否一定要分成b、c、d、e，建議列出常見態樣
- 對檢測人員需要規劃完整交接方法、培訓計畫等
- 建議整合鋼結構規範，避免人員混淆

34



## 六、橋梁管理單位專家訪談(6/9)

### • 鐵路局

#### – 主要執行問題與困難

- 鐵路檢測無法使用橋檢車，加上營運考量，檢測時間與品質受限，近距離量測與檢察根本無法執行
- 量化標準過於嚴格，即便放寬門檻，無法量測的問題一樣存在
- 檢測標準有些仍有模糊空間，如「少許」、「顯著」等字眼

#### – 主要執行與修正建議

- 建議增加定性說明或定性標準
- 應優先針對嚴重橋梁或針對主要構件等先行辦理，後續再考量次要構件
- 現行規範先做為參考即可，實際執行建議先維持傳統方法，且建議各局可依各局狀況調整檢測手冊
- 規範應以實務操作為基礎，將檢測標準及方法合理化，減少第一線人員負擔

35



## 六、橋梁管理單位專家訪談(7/9)

### • 縣市政府

#### – 主要執行問題與困難

- 新版規範標準過細，幾乎難以檢測且需很高的經費
- 難以維修，如0.1或0.2mm的裂縫僅能以粉光方式處理
- 部分U值是提供一區間，U=3或4代表之意義差距很大
- 橋梁實際情況非常多種，無法完全按照規範上之內容執行
- 許多項目需有儀器才能檢測，也無法在現地執行

#### – 主要執行與修正建議

- 增加定性說明或定性標準
- 簡單且狀況好的橋使用一般(原本)的方式檢測即可，若需要進一步作進階或高級檢測的再用詳細一點的檢測方式
- R值的判斷建議為一範圍由檢測人員判斷
- 將公路養護規範與公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測頻率統一
- 增加檢測人員訓練內容與時數

36



## 六、橋梁管理單位專家訪談(8/9)

### • 檢測廠商及外部稽核單位

#### – 主要執行問題與困難

- 新規範主文中D=1代表構件狀況良好，但於解說中D=1又代表各種微損傷，前後標準不一
- 剛新建完成的橋梁便可能有D=4之裂縫，以致鑑別度不高
- 應先判斷為結構性裂縫或材料性裂縫，再決定劣化評估值
- 檢測工具尚未到位、水中結構物無法按此標準執行
- 沉陷量必須經由測量儀器長期量測比對，非目視檢測作業
- 劣化樣態與附表二、附表四~十三所列不一致

#### – 主要執行與修正建議

- 應有一總體性的判斷，如上部結構、下部結構等統合性的判斷
- 建議調整檢測頻率或增加經費
- 減少需儀器檢測結果或原橋梁設計資料才可判定的準則
- 混凝土與鋼結構橋梁之檢測規範應統一

37



## 六、橋梁管理單位專家訪談(9/9)

### • 交通部及專家學者

#### – 主要執行問題與困難

- 操作太繁複，檢測人員需要經過更長時間的訓練
- 評估標準太過保守，未來可能僅會出現D=4或1，失去鑑別度
- 量化標準太細，尤其是無法量測或辨識時，細分等級便無意義
- 以現行之人力及經費很難落實
- 應該要考慮後續是否能維修，否則檢測就失去意義

#### – 主要執行與修正建議

- 規範之解說不應與主文具同地位，解說是參考用
- 部頒規範為一般性、原則性的規定，執行面由養護機關自行制定養護手冊
- 現行三規範(97、101、104年)要一起修訂
- 要執行新版規範，檢測頻率應適度修正
- 若要導入日本檢測方法，建議應全套引進

38



## 七、實地橋梁檢測及評估(1/4)

### • 實地檢測橋梁清單：

NO	橋梁名稱	所在地區	構造簡述	橋梁照片
1	舊路村十一鄰橋	桃園市龜山區 (振興路1089巷)	兩跨混凝土版橋+ 單跨混凝土梁式橋  總長14.89M	
2	田溪一號橋	桃園市大園區 (照鏡23之2號)	三跨混凝土梁式橋  總長34.99M	
3	老街溪橋(南下)	桃園市中壢區 (113線13K+200M)	兩跨箱型橋  總長109.2M	

39



## 七、實地橋梁檢測及評估(2/4)

### – 每座橋以三組人員用三種不同規範進行檢測

- A組：傳統之DER&U檢測標準
- B組：104年之公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範
- C組：日本高速道路株式會社(NEXCO)最新版之「保全点檢要領 構造物編」

NO	橋梁名稱	橋長 (公尺)	橋孔 數	檢測 組別	花費時間(分鐘)				檢測報告
					現地 檢測	表格 整理	總費時	一跨費 時	
1	舊路村十一鄰橋	14.89	2	A組	45	145	190	95	附件十五
				B組	55	363	418	209	附件十六
				C組	82	154	236	118	附件十七
2	田溪一號橋	34.99	3	A組	45	165	210	70	附件十八
				B組	55	365	420	140	附件十九
				C組	90	250	340	113.3	附件廿
3	老街溪橋(南下)	113.6	2	A組	45	150	195	97.5	附件廿一
				B組	65	358	423	211.5	附件廿二
				C組	77	197	271	135.5	附件廿三

40



## 七、實地橋梁檢測及評估(3/4)

- 舊路村十一鄰橋A1橋台裂縫(寬1.4至1.5mm，長度為30cm)



A組判定結果	B組判定結果	C組判定結果
D=2	D=4	個別判定：A1
E=2	E=2	檢全度評估：II
R=2	R=4	檢全性診斷：II
U=2	U=3	

41



## 七、實地橋梁檢測及評估(4/4)

- 檢測結果比較

組別	檢測表格	評估方法	判定標準	優點	缺點
A組	1張矩陣式表格	DER&U	檢測人員判斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>速度較快</li> <li>規範未明訂之劣化依檢測人員判斷填寫</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不同檢測人員之判斷結果有差異</li> </ul>
B組	1張矩陣式表格 5張檢查表	DER&U +ABCDN	依表格所述判斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>較詳細</li> <li>不同檢測人員之判斷結果較一致</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>較費時</li> <li>規範未明訂之劣化造成填寫之困擾</li> <li>評估結果較保守</li> <li>需橋檢車等特殊設備</li> </ul>
C組	2張條列式表格	個別判定 (NEXCO) +健全性診斷 (國土交通省)	依表格所述判斷  檢測人員判斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>較詳細</li> <li>不同檢測人員之判斷結果較一致</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>較費時</li> <li>規範未明訂之劣化造成填寫之困擾</li> <li>需橋檢車等特殊設備</li> </ul>

42



## 八、檢測規範評估修定建議(1/2)

- 97年之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及104年「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」所針對之**鋼橋及混凝土橋**，其差異僅在於**主要結構之材料**
- 除去鋼結構與混凝土材料所造成之差異，**兩本規範有需多不一致之處**
- 建議修訂97年規範之主文及解說中與104年規範相異處(詳見報告第六章)
- 建議修訂104年版「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」之劣化判定標準

43



## 八、檢測規範評估修定建議(2/2)

NO	104年規範劣化判定建議修訂處	規範之表號
1	裂縫寬度量測分辨至0.05mm，有操作上之困難。劣化程度僅以裂縫寬度、間隔為判斷依據，對於裂縫長度、深度卻未著墨，如要強調量化依據，建議先釐清長度、深度至何程度方可視為裂縫。	表C3.3.1
2	D=1是代表良好或微劣損應有一致性，目前部分構件允許D=1有微劣損。	表C3.3.1
3	「剝落或持續性剝落」語意不明確	表C3.3.1
4	彎曲(變形)之判定為「變形量大於規範之容許值」，但檢測員未必知悉規範之容許值，設計圖說亦未必標示。	表C3.3.1
5	鋼筋外露僅考慮主筋局部外露，但多數非主筋外露時保護層已失，鋼筋已開始鏽蝕，卻僅能以剝落或空洞評定劣化程度。	表C3.3.1
6	「積水、漏水」項目中提到「少許」及「顯著」積水或漏水，應進一步說明其實際狀況。	表C3.3.1
7	支承裝置項目缺乏橡膠支承墊、隔震支承之劣化態樣。	表C3.3.2
8	阻尼裝置項目中提到「若干」及「顯著」功能障礙，應進一步說明其實際狀況。	表C3.3.2
9	「可能產生設計值以上之應力」屬推估、臆測，不宜用於檢測評估。	表C3.3.3
10	鋪面劣化中提到「表面材質裂縫寬度大於1mm小於5mm」、「表面材料剝落不超過5mm」、「車轍深度不超過5mm」，實務上無法量測。	表C3.3.4
11	鋪面劣化中之表面裂縫、材料剝落、車轍均有量化之劣化程度標準，但對於高、快速公路以及主要幹道橋梁檢測而言，需封路才能進行量測。	表C3.3.4
12	沉陷量必須經由測量儀器長期量測比對，非目視檢測作業可評估。	表C3.3.5 表C3.3.6
13	基礎裸露長度的判定標準，需要知道基礎原設計深度才可進行判讀，然在多數老舊橋梁基礎設計深度未知情況下，該檢查項目在執行上確有困難。	表C3.3.8
14	「橋墩方向與河川流向角度」項目，因河川流向並非固定，且橋墩方向為設計決定非劣化行為，「河道變遷」項目中提到「輕微」、「嚴重」語意不明確。	表C3.3.8
15	表C3.3.10各項劣化樣態與表C3.2.1所列不完全一致。	表C3.3.10 表C3.2.1

44



## 九、專家座談會(1/3)

- 時間：105年11月10日下午2：30
- 地點：運研所五樓會議室
- 與會專家



NO	單位	職稱	姓名	備註
1	交通部技監室	技正	賈毓虎	未出席·僅提供書面意見
2	交通部路政司	技正	陳柏源	
3	公路總局材試所	所長	何鴻文	
4	高公局工務組	副總工程司	林炳松	
5	中華顧問工程司	技師	王瑞麟	
6	中油股份有限公司	處長	曾志煌	
7	高公局	前副總工程司	葉韓生	
8	國家地震中心橋梁組	組長	宋裕祺	
9	臺灣世曦工程顧問公司	總工程師	林曜滄	
10	臺灣世曦工程顧問公司	正工程師	林正偉	未發言
11	中興工程顧問公司	主任	葉啟章	
12	翊盛工程顧問公司	經理	張文彬	
13	黎明工程顧問公司	檢測組組長	楊峻傑	
14	臺灣整合防災工程顧問公司	總經理特助	陸春雷	
15	協勝工程行	負責人	劉財誠	
16	國立高雄大學	教授	陳振華	
17	研究團隊成員	主持人	姚乃嘉	專家會議主席
18	研究團隊成員	協同主持人	王仲宇	
19	研究團隊成員	協同主持人	陳明正	
20	研究團隊成員	協同主持人	廖先格	報告人

45



## 九、專家座談會(2/3)

- 主席結論
  - 新橋第幾年進行**第一次檢測建議依104年版規範辦理**
  - 104年版規範實務執行時，實務上確有相當之困難度：
    - 規範規定之表格詳細，檢測時**須花費極長時間**，實務上各單位目前的**檢測經費不足**以支撐依此規範訂定之方式檢測
    - 結構構件裂縫寬0.3mm
      - 目前雖已有相當之技術**於遠距量測此種裂縫**，惟**尚須經過驗證**與教育訓練
      - 此細微裂縫甚多，D=4與嚴重劣化之情況相同，造成**劣化無鑑別度**，對維修作業易產生困擾
      - 此類型之D=4甚多，實務上會造成機關**無法按規定須短時間內修繕**
      - 此類細微裂縫常存於橋梁，是否對橋梁造成嚴重劣化**尚須長期觀察**

46



## 九、專家座談會(3/3)

### • 主席結論

- 針對104年版之規範，應對方案歸納如下：
  - 由各橋管單位發文交通部，述明上述規範難以依循之理由，請交通部解決
  - 參考規範精神，但機關另定檢測手冊據以進行檢測。
  - 將橋梁分級，多數橋梁可不需詳細量測到如0.3mm以下之裂縫，執行簡單之目視檢測即可，再篩選出劣化嚴重者之橋梁按104年規範之標準進行詳細之檢測，並視需要增加耐震評估、耐久性評估、載重能力評估等等
  - 建議縣市政府及橋梁管理機關提高檢測經費，以目前之經費無法做到如104年版規範所要求的詳細程度
  - 加強推廣新型光學檢測技術，以快速進行細微裂縫之檢測

47



## 十、未來國內橋梁檢測方式之具體建議及程序(1/2)

### • 短期建議

- 建議各橋梁管理機關函報交通部，述明104年規範之解說於實務執行上窒礙難行之處，請示交通部解決方案
- 建議交通部函示各橋梁管理機關，按101年頒布之「公路養護規範」及104年之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」規範主文辦理橋梁檢測，並依機關之能力依規範之精神訂定適用且可行之檢測手冊
- 建議104年之「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」之修改方向為原則性、政策性為主
- 各橋梁管理機關應自行訂定橋梁檢測手冊，可參考高公局之「高速公路養護手冊」、公路總局之「公路養護手冊」或運研所之「橋梁目視檢測手冊(草案)」
- 建議橋梁管理機關提高檢測經費

48



## 十、未來國內橋梁檢測方式之具體建議及程序(2/2)

### • 中期建議

- 建議橋梁管理機關將**橋梁分級**，一般橋梁依101年頒布之公路養護規範及自訂之橋梁檢測手冊辦理橋梁檢測，重要橋梁及再劣化較嚴重之橋梁則依104年規範之標準進行詳細之檢測，並視需要增加耐震評估、耐久性評估、載重能力評估等等
- 建議國內相關研究單位加強**推廣新型光學檢測技術**，以快速進行細微裂縫之檢測
- 由高公局按交通部技監室之建議，按**部頒規範採綱要性、原則性之條文規定為原則**，提出97年「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及104年「公路鋼筋混凝土橋梁之檢測及補強規範」之編修計畫
- 建議**建立檢測人員訓練及認證制度**

49



## 十一、結論與建議(1/3)

### • 結論

- 大部份國家較為詳細之**例行性檢測週期為3年到6年**
- 各國對檢測人員的要求及標準包含：獲得認證、實務經驗、相關專業的背景或學位、接受政府的訓練課程
- DER&U目視檢測評估法適合我國之檢測現況
  - 考量臺灣地區**河川沖刷、地震、土石流等災害發生頻率**，無法如日本或歐洲國家採5年或6年進行詳細之檢測
  - 國內部份機關自行提升至**1年檢測一次甚至半年檢測一次**
- ABCDN化之DER&U法**依現有檢測預算難以確實執行**
- 過於保守之劣化評估標準**失去檢測鑑別度**
  - 無法近距離目視或量測時便無法判定劣化程度
  - 過於細小之裂縫目視難以察覺，能看到的可能都屬於D=3或4
  - 量測上之誤差可能造成D及R值被誤判

50



## 十一、結論與建議(2/3)

### • 建議

- 97年及104年規範應以**綱要性**、**原則性**為方向進行修訂
  - 實際操作面之詳細規定，應由各執行單位制定
  - 97年及104年規範在共通部分存在不一致之處，建議一起修訂或將**此二規範合併為一本規範**，消弭不必要之差異
- 劣化評估標準應以**實務可操作**為原則進行修訂
  - 應考量目前之檢測工具及設備是否到位
  - 應修正「少許」、「若干」、「輕微」、「顯著」及「嚴重」等用語
  - 除提供定量之判斷依據，可**同時提供定性之描述**，並賦予檢測人員**依現況選擇**要採用那一條評估準則之權責
  - 增加「**檢驗困難處的應對方式**」
- 橋梁管理機關及交通部以正式之公文對規範無法執行提出解決方式

51



## 十一、結論與建議(3/3)

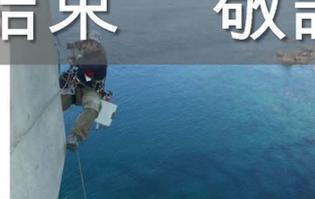
### • 建議

- 各橋梁管理機關應自行訂定橋梁檢測手冊
- 橋梁管理機關應**提高檢測經費**
  - 使用104年版規範所花費之總檢測時間為傳統DER&U檢測法之2倍
  - 目視檢測單價至少需提升為**每平方公尺40元台幣**，再加上**橋檢車之租金**，以實作實算方式計價
- 橋梁分級檢測
  - 按新版之規範，橋梁定期檢測間隔最長不超過4年
  - 橋況良好、重要性低之橋梁依機關自訂或傳統之DER&U檢測
  - 重要橋梁及再劣化較嚴重之橋梁則依104年規範之標準進行詳細之檢測
- 加強研發及推廣新型光學檢測技術
- 建立檢測人員訓練及認證制度

52



簡報結束 敬請指教



### 附錄三 期末審查委員會意見及回覆

## 我國橋梁檢測方式之發展探究期末審查委員意見及回覆

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
陳委員 柏源	最近在執行養護考評及橋梁稽核的工作，從實務面上看新規範執行的可行性，最後發現只有經過耐震補強後混凝土被包覆起來的橋梁不需進行維修，因為看不到混凝土，因此以新規範進行檢測會造成橋梁的鑑別度消失，規範是最低限度的要求，建議針對規範保留探究的空間，後續可再深入探討，並適度、彈性的修正	謝謝委員意見，本研究建議未來規範修訂時，可提供定性及定量兩種評估標準。	同意團隊回覆意見。
	目前尚未看到第一線檢測人員對新規範的反應，後續部裡會加強相關督導及訓練，同時各機關應鼓勵第一線同仁積極反應相關意見。	謝謝委員意見，目前已知高公局及公路總局會針對檢測規範召開內部會議。	同意團隊回覆意見。
	國外規範針對各章節均有詳細的研究，而國內規範多參考或引用國外規範，建議運研所可針對規範較具爭議性的議題進一步探究，作為長期滾動檢討的參考。	謝謝委員意見。	同意團隊回覆意見。
	關於橋梁分級檢測，若因重要性不同而有不同之檢測標準，會難以說明解釋，但檢測頻率之調整是有討論的空間。	謝謝委員意見，劣化評估標準應相同，檢測頻率可分級，本研究已提出分級檢測之相關建議，詳成果報告第 136 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
曾委員 志煌	規範應確實可行、考量有限資源，並要進步，能夠解決橋梁管理機關的問題，確實掌握橋梁狀況，DER&U 執行了這麼久是否能解決問題，是否用 97 年、104 年的規範就能解決問題，104 年規範的方向沒有問題，特別在輔助工具的發展上是好的，應該要拿來用。	謝謝委員意見，建議交通部多舉辦新型檢測技術之實地示範說明會，使橋梁管理機關第一線人員得到相關資訊以及後續應用方式。	同意團隊回覆意見。
	ABCDN 化之 DER&U，立意良好，但實務上不可行，0.3mm 寬的裂縫 D 為 4，則 3mm 的裂縫是否要評為 D 等於 8。	謝謝委員意見，本研究建議規範之評估標準應以實務可操作為原則進行修訂。	同意團隊回覆意見。
	橋梁分級很重要，有限資源下錢要花在刀口上，僅管 D 等於 8，沒錢就無法維修。	謝謝委員意見，本研究已提出橋梁分級檢測之相關建議，詳成果報告第 136 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
	106 年就要正式面對新版規範的壓力，若期望技監室行政處理明確，第一線同仁就要即時、確實反應問題。	謝謝委員意見，目前已知高公局及公路總局會針對檢測規範召開內部會議。	同意團隊回覆意見。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	新版規範在執行上，不只是成本的問題，檢測時間上亦不足。	謝謝委員意見，本研究建議檢測頻率應分級，詳成果報告第 136 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
王委員 瑞麟	檢測人員在面對無法評估之狀況時，會評定為中庸，即使錯也不會錯太多，但會造成好的不夠好、壞的不夠壞，使得問題模糊化。	謝謝委員意見。	同意團隊回覆意見。
	科羅拉多州的評估值為單一項，以裂縫寬度(1mm、2mm、3mm)及裂縫間距(1m、2m、3m)的組合區分為 1~4，已經隱含 D 及 E 的概念，有的評估內容甚至包含 R。蒙大拿州對裂縫的定義偏向定性，例如：1 為不明顯的裂縫或是中等寬度的裂縫但不會惡化、2 為持續伸展的裂縫等等。俄勒岡州的則為定量評估，例如：1 級為 0.012in(0.3mm)等等，以美國各州的角度，大多還是開放讓各州各自訂定規定。	謝謝委員提供資訊，本研究建議各橋梁管理機關應自行訂定橋梁檢測手冊。	同意團隊回覆意見。
王委員 瑞麟	大陸的規範與美國相近，評分區分為 0~4 總共 5 類，由缺損的程度及標度(D 及 E 的概念，包含小到大、少到多、輕微到嚴重)0~2、對結構的影響(0 為沒有、1 為次要、2 為重要，相當於 U 值的概念)綜合評分為 1、2、3、4，再作權重判斷缺陷是否繼續成長(穩定-1、緩慢 0、快速+1)變為 1、2、3、4、5，最後將 0、1、2、3、4、5 六區分為 5 類，0 為完好屬於一類、較好是二類、較差是三類、壞是四類而危險是五類。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	綜合來看，裂縫的標準可以調整。以這些評估來看，大陸與美國相近，但有改良過，可是用於所有橋型，操作性及簡易度都略勝美國一籌，而日本與南非的概念不同，日本非常精細而南非的 DER&U 則為快速、簡易，若對於檢測評估目標不同，檢測方式應調整。一個檢測方式評估方法要有一致性，不應隨意整合多種評估方式，造成部分重疊雷同。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	有關檢測人員的規定，依公路修建養護管理規則之規定，已由中央主管機關擬定相關要點，因此 104 年之規範中已刪除檢測人員之相關規定。	謝謝委員提供資訊，已將此資訊補充於成果報告第 34 頁。	已於期末定稿報告回應處理。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
葉委員 韓生	我國的規範訂定主要參考美國及日本，但報告中只提到美國及我國橋梁的狀況，而沒有談到日本橋梁受災之情況，其相關規定是否與災害有關連。	謝謝委員意見，由於能蒐集到之資料有限，已於成果報告 2.2.2 小節中補充，詳成果報告第 16~18 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
	附件一提及的日本規範及相關缺陷案例，許多並非五年以上才會出現的問題，而面對這些問題日本是如何解決、維修，有何相應的措施。	謝謝委員意見，由於能蒐集到之資料有限，已於成果報告 2.2.2 小節中補充，詳成果報告第 19~20 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
	國內案例建議納入高屏斷橋事件。	謝謝委員意見，已於成果報告 2.1.2 小節中補充，詳成果報告第 9~10 頁。	
	有關檢測人員資格，國內之橋梁檢測結果，以高公局及公路總局為例均需技師簽證，與日本相比，我國可能較嚴謹。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
葉委員 韓生	結論建議提及光學儀器的輔助，技術的開發及應用要跟規範同時推行，技術的來源應由多方供應。	謝謝委員意見，輔助儀器之開發有賴國內相關研究單位與交通部共同推廣。	同意團隊回覆意見。
	大部分橋梁災害事件，起因都不是橋梁檢測後發現的劣化，多為沖刷導致，但耐洪評估、耐震評估等卻非目前橋梁檢測人員能執行之作業。耐震方面應考慮結構分析、後續維修及補強；沖刷部份，以國內的情況也無法等到五年才檢測，目前各單位在颱風過後就會檢視橋梁的情況。我國無法如日本五年才檢測一次，因環境不同致使規範要作出相應的調整。	謝謝委員意見，	同意團隊回覆意見。
	目前第二代臺灣地區橋梁管理資訊系統的開發相當成功，其行動裝置應用程式是否能降低新規範在檢測記錄上之困難。	謝謝委員意見，由於本研究旨在探討新舊規範之差異，若再加入二代臺灣地區橋梁管理資訊系統會延伸出其他議題，因此在實地橋梁檢測時並未使用二代系統之行動裝置。	同意團隊回覆意見。
	檢測經費以每平方公尺 20 或 40 元的寫法太過籠統，對實際執行面會造成困擾，不同橋型、高度、跨距等都需考量。	謝謝委員意見，已於成果報告第 8.2 節第 5 項(第 136 頁)中補充說明。	已於期末定稿報告回應處理。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	報告 P.18 橋長 2.0m 是否為筆誤。	謝謝委員意見，日本規範中的確是 2.0m，並非筆誤。	已於期末定稿報告回應處理。
	報告 P.111 表格中經常巡查填寫「無」，建議後方可加說明解釋。	謝謝委員意見，已於成果報告中述明「依公路養護規範辦理」。	同意團隊回覆意見。
	報告 P.131、132 短期及中期建議內文，將專家學者的全名列出，於正式報告是否合適，請團隊調整修正。	謝謝委員意見，已修正成果報告相關內容並移除專家全名。	同意團隊回覆意見。
	報告 P.132、135 同樣為與高公局有關的建議，文字描述方式應一致。	謝謝委員意見，已修正成果報告相關內容，詳成果報告第 135 頁第 1 點。	同意團隊回覆意見。
	報告 P.131 第六點中「這類橋梁通常不易損壞，或者即使嚴重損壞，但可以快速修復」等文字用語應調整。	謝謝委員意見。	同意團隊回覆意見。
	橋梁分級是重要的，目的主要為調整維護的時間。	謝謝委員意見。	同意團隊回覆意見。
高公局	目前高公局橋梁檢測為委外辦理，並按部頒規範執行，新版規範對於裂縫寬度的判定較過去縮小很多，必須在可觸及結構物的距離內才能檢測並判定其劣化等級。高公局有詢問日本光學裂縫檢測儀器商，預計明年一月安排實地示範，目前得到之資訊在檢測距離上有限制，如距離 40m 內才能檢查到 0.3mm 寬的裂縫。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
高公局	雖然現在高公局有自己的橋檢車，但橋檢車在某些位置或角度上並無法讓檢測人員貼近檢測物，造成檢測上的困難，因此在執行新版規範時，因劣化判別及檢測工具的限制會造成執行上之困難。	謝謝委員意見，本研究建議未來規範修訂可參考日本之規範，制定「檢驗困難處的應對方式」。	同意團隊回覆意見。
公路總局	橋梁檢測具有時效性，因過去之橋災使得檢測頻率越來越緊縮，以現有之頻率難以鉅細靡遺、量化的標準去檢測，檢測之目的在發現問題，找到問題後再進一步評估。	謝謝委員意見，現行檢測規範對於劣化之定義較嚴格，以現有人、物力而言，有執行上之困難。	同意團隊回覆意見。
	橋梁檢測環境險峻，野狗、蛇、橋下行走道有斷差、光線造成的視差等問題，公路總局目前多為單人執行橋檢，建議評估標準採定	謝謝委員意見，本研究建議未來規範修訂可參考中國規範之方式，提供定性	同意團隊回覆意見。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	性說明而非定量。	及定量兩種評估標準。	
	公路總局很多跨河或跨峽谷的橋，即便有橋檢車也難以執行檢測，以霧台谷川大橋為例，橋墩高達六、七十公尺橋檢車及橋下舉升車均無法適用，而高空攀爬作業有勞工安全檢查上是否符合規定等問題。	謝謝委員意見，本研究建議未來規範修訂可參考日本之規範，制定「檢驗困難處的應對方式」。	同意團隊回覆意見。
	公路總局目前有五台橋檢車，其中兩台有合法牌照，其他則使用臨時通行證，除高公局及公路總局以外單位之橋檢車，是否有通行證，以免被檢舉。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	橋梁檢測後續要進行維修，維修需要假設工程，目前 D 且 R 值大於等於 3 就要受監察院列管，新版規範因鑑別度較差，較輕微之劣化亦被列管而要進行維修，無論是因檢測或維修需要搭設假設工程，與新建工程相仿，因此規範之量化指標或維修期程是否要下修等問題需要被重視。	謝謝委員意見，本研究建議規範之評估標準應以實務可操作為原則進行修訂。	同意團隊回覆意見。
	工程處及工務段在意的是結構物的劣化，是因剪力破壞或是保護層不足，因維修經費有限，檢查的再詳細但無法有相應的維修作為，則檢測的成果是打對折，建議針對 D 或 R 值是 3 或 4，不單以考慮劣化狀態，同時應考慮對橋梁結構安全的影響。	謝謝委員意見，DER&U 中之 R 值即是針對橋梁安全性與服務性的「重要性」，建議日後若規範修訂時，在 R 值之判定準則應加入對橋梁安全之描述。	同意團隊回覆意見。
臺鐵局	臺鐵局目前大多由道班工執行橋梁檢測，人員非土木背景，本局會持續進行教育訓練，面對目前嚴謹的橋梁檢測規範，局內需要加緊跟上新規範的步伐。	謝謝委員提供資訊，檢測人員之訓練相當重要，本研究建議日後應建立檢測人員訓練及認證制度。	同意團隊回覆意見。
	對於橋梁管理機關，檢測的目的在於發現損壞，並確實面對損壞，是否為結構性等問題，不管採用何種檢測方法，基本上規範能夠簡單明確且執行快速，管理機關都願意配合，但機關均希望檢測成本能降低，建議回歸報告中比較表的內容，採用能夠達成檢測目地之方法。	謝謝委員意見，本研究建議規範之評估標準應以實務可操作為原則進行修訂。	同意團隊回覆意見。
臺鐵局	建議報告中可明確呈現不同檢測方式花費之差異，提供具體且量化的計算供各單位參考。	謝謝委員意見，本研究礙於時間及經費，僅能就本研究中實地檢測結果提出概略之經費估算，無法利用橋檢車等設備實地檢測不同類型橋梁後計算花費。	同意團隊回覆意見。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	無論檢測步驟及填寫表格方式為何，首先要判斷裂縫是否屬於結構性裂縫，非劣化之大小，而是該劣化重不重要。	謝謝委員意見，DER&U 中之 R 值即是針對橋梁安全性與服務性的「重要性」，建議日後若規範修訂時，在 R 值之判定準則應加入對橋梁安全之描述。	同意團隊回覆意見。
國震中心(含台灣世曦書面意見)	行政單位、管理單位及研發單位共同之目的都是把橋梁管理業務做好，國震中心針對橋梁檢測，過去已開發一些輔助性的工具，協助現場的工程師達成檢測目的，技術層面一直在精進，有關規範的部分也有開放討論的空間。	謝謝委員提供資訊，期待未來相關的橋梁檢測輔助工具能夠被廣泛應用。	同意團隊回覆意見。
	由期末成果可瞭解，研究團隊確實相當用心，不過就整體內容，簡而化之應該就是下列四個層面： (1)規範所提供之參考圖表是否具強制性？使用單位可否自行調整制訂？ (2)規範所提供之參考圖表是否不合理或難於執行？ (3)規範的定期檢測頻率是否恰當？ (4)各橋梁管理單位有關定期檢測評估之預算編列是否合理？橋梁管理機關長期是否有足夠的財政持續編列此項預算？	謝謝委員歸納之內容。	同意團隊回覆意見。
	目前交通部於 97 年及 104 所頒布之橋梁檢測及補強規範，主要是參考國內外相關資料與法規所制訂，並經複審通過後頒布，尤其在混凝土結構及 PC 結構之裂縫寬度與判定標準等主要係參考國外相關資料。另在 104 年頒布「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」基於相關法規更新，於 2.2 節載明係針對定期檢測及特別檢測等兩類別，並於 3.2 節說明檢測作業方式。	謝謝委員提供資訊。	同意團隊回覆意見。
	在兼顧參考依據使用性及避免所提供之參考圖例表格被視為具強制性，於 104 年版規範已全部移至解說章節，所提供圖表之重點在於提醒使用者有哪些項目、樣態及位置等需注意，以避免遺漏，並期使檢測結評估結果儘量減少主觀性可能衍生之誤判。而為儘可能提供規範使用者據以參考，一般都具有普遍性及代表性，規範使用者於執行檢測作業時，事前即宜對標的橋梁的橋址環境及橋梁	謝謝委員提供資訊，關於規範之解說(含圖表)是否具強制性，或僅為參考尚需交通部明確指示，但對於部屬機關而言，若規範有提供明確之判定標準，在無特別狀況下沒有理由不依照辦理。	同意團隊回覆意見。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	構造等進行瞭解及所需資料與工具的篩選彙整。		
國震中心(含台灣世曦書面意見)	<p>另有關所提供參考圖表是否不合理或極困難執行問題，首先必需敘明目前規範所述內容主要是參考國內外相關資料所編訂。以混凝土裂縫為例，包括日本等國家，在無提供輔助光學裂縫量測儀器的前提下，即以0.1~0.3mm(RC或PC構造物)等不同程度裂縫指標作為檢測標準。而隨著工程技術與科技的進步，相信檢測效率與有效性會持續提升，例如國網中心為協助工程師更能有效處理此問題，已進行開發輔助光學量測儀器，目前雖尚未完全達到精準程度，但確能發揮輔助功能，或許假以時日，將取代部分的人力，實不宜有該儀器精度問題質疑規範內容是否須修正之論述。另國家地震研究中心參考規範解說建議之檢測表格項目，研發檢測紀錄系統模組，其資料庫可完全符合規範解說建議，搭配網頁模式或APP應用程式功能，可有效輔助橋梁檢測人員執行作業，研發過程經顧問公司實際參與試辦協助，已具應用可行性。</p>	<p>謝謝委員提供資訊，美、日兩國之橋梁檢測時間及成本均較臺灣高非常多，同時有具備垂降、高空攀爬能力之檢測人員，這是目前臺灣在短期內難以追上的。期待未來相關的橋梁檢測輔助工具、APP等能更加精進，並能在實物尚被廣泛應用。</p>	同意團隊回覆意見。
	<p>針對不易接近或需至工安風險較高場所方能檢測之構造，以下圖所示國內鋼橋為例，其箱梁內部及不易接近部位，產生了嚴重腐蝕或疲勞裂縫之情形，這些損傷劣化均足以快速影響橋梁結構安全。因此，是否可因檢測作業困難，將該部份之檢測頻率以此為藉口過度放寬或甚至不予檢測，實值各界集思廣益，如何在兼顧人力財力及結構安全下，予以妥適界定。</p> 	<p>謝謝委員意見，本研究建議橋梁管理機關應提高檢測經費，以提升橋梁檢測品質。</p>	同意團隊回覆意見。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
			
震中 中心(含 台灣 世曦 書面 意見)	<p>對於「定期檢測」之頻率，各國均有其不同的週期與規定，絕大部分都大於兩年，以日本為例，甚至達五年，但增加了一年一次的「基本檢測」。然國內規範顧及與此相關之法規規定，檢測頻率以兩年為原則，但考量執行面與國外相關規定情形，再放寬規定，橋梁管理機關或單位得視實際狀況調整，惟不得超過四年。規範為此似已保留彈性空間，橋梁管理機關或單位實可參考各國規定，依其所管理橋梁之特性、健全性、重要性、橋址檢測作業難易度及財政預算等因素，在符合該規範之原則與精神下，加以調整擬訂轄管內各橋梁之定期檢測頻率與內容。</p>	<p>謝謝委員意見，臺灣地區因每年颱風挾帶豪雨造成河床沖刷，橋梁管理機關對於轄下跨河橋實難放寬檢測頻率至四年一次，同時，出現檢測困難處之橋梁亦多為跨河橋，規範雖在檢測頻率上保留彈性，但仍需交通部有明確之規定述明何種條件下之橋梁可將檢測頻率延長至四年一次，地方政府方能配合。</p>	<p>同意團隊回覆意見。</p>
	<p>考量到檢測頻率過高的情況，應探討兩年執行一次定期檢測的必要性，如歐美及日本國家多為五到八年進行一次詳細的定期檢測，而我國也許可考慮於巡查及詳細的定期檢測之間多增加簡單且可承擔成本的檢測，並於幾年後再以較高成本執行詳細的定期檢測。</p>	<p>謝謝委員意見，將詳細之定期檢測頻率延長，中間補以較簡單之定期檢測應為可行之方式，研究團隊將參考委員意見，並納入研究報告之建議。</p>	<p>同意團隊回覆意見。</p>
	<p>有關橋梁定期檢測需要多少預算才算合理，由於各橋梁之工址環境與地形地貌、橋址到達之難易性、構件複雜度、構造特性、橋梁高低、週遭交通、有無作業時間限制(例如鐵路橋梁)等條件之不同，其合理之預算差異相當大，實難於用論斤計兩統一單價方式為之。然本報告於第 8.2 節第 5 項(P136)，有關目視檢測單價約為每平方公尺 20 元，其依據為何不得而知。此一毫無有限制條件式說明，且是由極專業機構提出的報告，將嚴重誤導橋梁管理機關檢測評估預算之編列，極可能造成與實際需求有非常大的差異，況且檢測評估之價值，很重要的一部分是專業的評估判定與責任問題。暫且退一步而論，如以一般橋梁為例，初始造價假定約 40,000 元/</p>	<p>謝謝委員意見，本研究礙於時間及經費，僅能就本研究實地檢測結果提出概略之經費估算，無法利用橋檢車等設備實地檢測不同類型橋梁後計算花費，已於成果報告第 8.2 節第 5 項(第 136 頁)中補充說明。</p>	<p>已於期末定稿報告回應處理。</p>

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	<p>平方公尺，以該報告目視檢測單價約為每平方公尺 40 元為例，則每次定期檢測費用為初始建造成本之 0.1%。如每二年定期檢測乙次，以 100 年服務年限計，總合計約 5%，如每四年定期檢測乙次，則為 2.5%。這樣的支出是否合理或值得，所涉及層面廣且複雜，應當不是規範首要考量的。</p>		
運研所 港研中心	<p>報告在後面章節主要討論 DER&amp;U 及 ABCDN 檢測方法，前面國外橋梁檢測制度章節較屬於原則性的介紹，對於各國構件檢測劣化判定標準、有無檢測量測值或採定性判斷等，建議補充敘述，使報告前後章節較具一致性。</p>	<p>謝謝委員意見，已於成果報告 2.2.3 小節中補充中國之劣化判定標準，歐洲諸國因資料蒐集上有其困難，還請見諒。</p>	<p>已於期末定稿報告回應處理。</p>
	<p>報告 P.21 頁日本橋梁檢測評估準則在健全性的診斷有分構件單位健全性及橋梁單位健全性，除構件劣化的健全性外，日本橋梁單位健全性考量每座橋梁依結構特性及環境條件(如跨河橋、交通量大及腐蝕等)不同，著眼於對結構性能有影響主要構件，進行橋梁健全性診斷，目前 DER&amp;U 之 R 值是否已能完整呈現全橋健全性？建議掌握全橋結構安全性，再針對主要構件詳細檢測，而非僅著眼於細節構件之損傷。</p>	<p>謝謝委員意見，整橋之綜合判定在 DER&amp;U 法中是以公式得出 CI 值 (Condition Index) 及 PI 值 (Priority Index)，然因此二指標為加權計算後之結果，對於局部但嚴重之劣化無法有效反應，因此在實際應用上不盡理想，未來修訂規範時應可考慮增加整橋之綜合判定，由檢測人員或其主管進行判定。</p>	<p>同意團隊回覆意見。</p>
交通部 技監室	<p>98 年起規範有相當大的改變，主要分為主文及解說兩部分處理，應以主文為主，解說為補充。規範編修方式分成部屬機關做初審，再到部裡進行複審。今日學者專家的建議，希望由部屬機關高公局配合做調整。</p>	<p>謝謝技監室意見。</p>	<p>同意團隊回覆意見。</p>
	<p>檢測方式不夠明確，包含裂縫寬度規定太細無法判定、部分無法到達之處無法檢測。當時訂定 104 年規範時，也有維持必須保留彈性調整空間的觀點，依照需求、人力、資源去調整，若有必要只要經過機關同意，可另外執行非破壞等進階檢測。</p>	<p>謝謝技監室意見，由於各機關之養護作業標準以不低於部頒規範規定為原則，因此對於規範所定之標準應無放寬之空間，本研究建議未來規範修訂時，可提供定性及定量兩種評估標準。</p>	<p>同意團隊回覆意見。</p>
	<p>當今的規範為技術規範，許多非技術面的問題，包含人力、經費等，應依據資源的有限</p>	<p>謝謝技監室意見，目前中央及地方橋梁管理機關在</p>	<p>同意團隊回覆</p>

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	達到最大的努力，而報告也提及應提升人力、經費等，此面向可再多探討。重點在於，一定要先提高技術層次，再提升人力、經費等資源，各單位有需要也應爭取。	檢測預算方面均應提升。	意見。
	橋梁後續做檢測維修時，會有工具、人力、假設工程等難以推進，建議做設計時可先考量檢測維護。	謝謝技監室意見。	同意團隊回覆意見。
運計組 (書面意見)	本研究除回顧國內橋檢方式之發展，以及提出未來檢測方式之建言外，可一併探討現行相關規範於法律層面之優越性與有效性，依據公路法第 33 條：「公路設計、施工、養護及交通工程之各項技術規範，由交通部定之」規定，「公路養護規範」應為該條法律下授權訂定之養護技術規範，法理上較具正統性，且公路養護種類不單僅橋梁，還包括路基、邊坡、鋪面及隧道等，因此「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」與「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」應定位在「公路養護規範」下，有關橋梁類之特訂規範為宜。	謝謝委員意見，已於成果報告 6.1 節中補充，詳成果報告第 111 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
	目前「公路養護規範」與「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」內文均明載係依公路法第 33 條授權訂定，僅「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」未註明，因此基於上開法律有效性，建議「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」於後續修訂時，應刪除 1.2 節法令依據內容。	謝謝委員意見，已於成果報告 6.1 節中補充，詳成果報告第 111 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
	另依據交通部「部頒技術規範作業機制」1.1 節第 2 點規定，涉及新技術及新工法之規範，草案研擬單位應進行試作或試算，並召開研討會或公聽會，可列為本報告建議事項之一，以提醒各橋梁管理機關重視規範頒布之嚴謹性。	謝謝委員意見，已於成果報告 8.2 節中補充，詳成果報告第 137 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
	第二章國外橋梁管理之發展，內容僅含美國，似顯不足，建議補充日本與中國大陸橋梁管理之發展。	謝謝委員意見，由於能蒐集到之資料有限，日本部份已於成果報告 2.2.2 小節中稍加補充。	已於期末定稿報告回應處理。
	報告書相關圖表如有必要，建議以彩色呈現，俾利閱讀性，如表 3.25 至 3.29。	謝謝委員意見，表格為彩色，最後繳交之成果報告	已於期末定稿

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
		會附光碟檔案。	報告回應處理。
	報告書 5.2 節，所列公路鋼筋混凝土牆梁之檢測與補強規範操作流程係屬本研究重要成果之一，建議先呈現簡要之操作流程圖，再進而細部敘述，俾利讀者快速入門。	謝謝委員意見，會補充在成果摘要報告。	已於期末定稿報告回應處理。
	第六章橋梁檢測規範評估內容修訂建議，亦為本研究重要成果之一，可供後續修訂單位明確之參考，請團隊評估是否調整至第八章(於第九章結論與建議之前)。	謝謝委員意見，第六章內容主要係由訪談及實地檢測後而得，並成為專家座談會中報告之內容，不建議調整章節順序，但已於 8.2 節中提出可參考第六章之建議。	已於期末定稿報告回應處理。
運計組 (書面意見)	現行「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」U 值為必填欄位，以橋台為例，當裂縫寬度大於 0.3mm，且相鄰裂縫間隔小於 50cm，U 值需判定為 3 或 4，屬一年內維修構件，此規定是否合宜且屬重要危險之條件，建議可於橋梁檢測規範評估內容修訂建議乙章，提醒後續修訂單位留意。	謝謝委員意見，已補充於報告表 6.4 中，詳成果報告第 119 頁。	已於期末定稿報告回應處理。
	規範於圖 C3.3.1 僅列處大梁、帽梁、橋墩與橋基之結構性裂縫態樣，建議後續修訂單位可一併補充其他構件之結構性裂縫態樣，俾利橋檢人員參考。	謝謝委員意見，目前規範中圖 C3.3.4 至圖 C3.3.17 搭配表 C3.3.12 至 C3.3.13 即含裂縫之說明，裂縫態樣已相當完備。	已於期末定稿報告回應處理。
	報告書(初稿)第八章內容應為第七章專家座談會之歸納結論，建議應合併為一章即可。	謝謝委員意見，依指示辦理。	已於期末定稿報告回應處理。
	P136 結論所提橋檢單價每平方公尺 20 元乙事，應屬縣市政府歷年檢測費用平均結果，未含部屬單位委託檢測費用，建議補充加註，避免產生疑義。	謝謝委員意見，已於成果報告第 8.2 節第 5 項(第 136 頁)中補充說明。	已於期末定稿報告回應處理。
	請研究團隊撰寫研究成果摘要報告，包含橋梁管理系統應如何搭配新版規範均需交代。	謝謝委員意見，依指示辦理。	已於期末定稿報告回應處理。

委員	委員意見	團隊回覆	主辦單位審查意見
	報告書格式請依本所出版品規定編排，並請補充英文版摘要。	謝謝委員意見，依指示辦理。	理。 已於期末定稿報告回應處理。
主席	本研究案期末報告審查通過，請研究團隊依各單位及委員的意見修正報告及製作審查意見回應表，並請於 105 年 12 月 27 日前提送修正後之期末報告，俾利依合約續辦相關作業。	謝謝主席，依主席指示辦理，期末審查意見及回覆詳成果報告附件廿五(即本文件)。	已於期末定稿報告回應處理。
	各單位及委員會後有相關意見，歡迎提出書面建議。	謝謝主席，已收到相關書面意見，並已納入本審查意見及回覆表中。	已於期末定稿報告回應處理。
	請各機關檢討提出新規範在執行上所面臨之問題、建議之配套措施及未來的推動方向等建議，以作為技監室啟動規範檢討之依據。	謝謝主席裁示。	同意團隊回覆意見。
	新規範之解說是否具強制力或僅為參考，請技監室思考是否要作出正式的解釋函。	謝謝主席裁示。	同意團隊回覆意見。

