

# 各國橋梁目視檢測評估方式之探討

## Study on Visual Inspection and Evaluation Methods of Bridges in Different Countries

運輸工程及海空運組 胡智超

研究期間:民國 112 年 1~12 月

### 摘 要

公路系統為交通運輸與民生活動的重要管道，橋梁為陸上交通系統中極為重要的部分，橋梁損壞不但可能阻斷交通，若因災害發生造成破壞，將會對災後的聯絡、急難救助與物資運輸造成重大衝擊，進而影響救災工作亦可能危及用路人之生命財產。

本研究由美國、日本及臺灣目前橋梁相關規範及規定可知，美國檢測制度類別分類較多，其次為日本，不過「定期檢測」、「特別檢測」及「詳細檢測」在各國檢測類型中均有包括，僅是使用名稱有所不同，此外美國特別將非贅餘鋼拉力構件檢測、水下檢測、沖刷檢測等檢測項目特別獨立出來，而前述檢測項目亦已涵蓋於「定期檢測」、「詳細檢測」中。

橋梁檢測首重在落實，落實檢測才能確實掌握橋梁狀態，適時維修才得確保行車安全。我國與日本、美國在橋梁定期檢測方法差異不大，都是以目視檢測為主，並以橋梁構件為標的。各國檢測最大差異在於評等的分級，我國與日本評等劣化程度分為 4 級，但美國分為較細，有 10 級(0~9)，因此美國雖較為細緻，但在操作上可能因過細而會產生判斷等級困難情況(例如劣化狀況相近兩等級時)。

此外我國與日本都有針對劣化構件提出對應策略，我國以 U 值分為 4 級，包括例行養護(1)、3 年內維護或持續追蹤(2)、1 年內維護(3)、緊急處置(4)；而日本亦分為 4 級，包括(I)健全，不急於立即修理、(II)預防維修階段，按照修復計畫在適當的時間進行修復、(III)早期處理階段，橋梁功能可能受損，應及早採取措施、(IV)緊急處理階段，應採取緊急措施；而美國檢測後並無提出後續對應之處理策略。

### 關鍵詞：

橋梁檢測、目視檢測

# 各國橋梁目視檢測評估方式之探討

## 一、前言

「公路橋梁檢測及補強規範」於 107 年 10 月 24 日頒布施行，該規範係將「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」(97 年頒布)及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」(104 年頒布)予以整併，同時兩規範則廢止停用。「公路橋梁檢測及補強規範」編訂包括：1.適用於公路一般性混凝土(鋼筋混凝土及預力混凝土)結構及鋼結構橋梁之檢測、評估、維修與補強作業；對於特殊性橋梁之檢測、評估、維修及補強作業規定，由公路養護管理機關或公路養護單位另訂之。2.主文採原則性規定方式撰寫；執行細節由各公路養護管理機關於其養護手冊、檢測手冊內另行規定，其作業標準以不低於本規範主文規定為原則。3.解說為輔助檢測相關作業人員了解主文涵義，屬參考性質不具強制性，公路養護管理機關得於其養護手冊或橋梁檢測手冊中提供參考圖說，供檢測人員評等使用。4.檢測種類分為定期檢測、特別檢測及詳細檢測三類。

定期檢測、特別檢測以目視為主；詳細檢測為橋梁於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時，以儀器或相關設備進行局部破壞或非破壞檢測；或對跨河橋梁所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測。後因應南方澳大橋斷裂事故，修訂規範部分條文，並於 109 年 1 月 3 日頒布，修訂重點如下：1.修正規範適用範圍，將特殊性橋梁納為適用對象。2.於詳細檢測定義下，增訂要求特殊性橋梁應依其維護管理作業計畫，並就重要構件進行檢測，以掌握特殊性橋梁狀況。3.增訂特殊性橋梁檢測項目，如橋塔或立柱、鋼纜系統(包括鋼纜錨碇裝置、鋼纜保護套管、鋼纜)、吊索、拱肋(拱圈)或橫桿等。4.針對鋼纜索力量測技術，補充相關非破壞檢測作業方法。

目前國內規範規定橋梁定期檢測仍是以 DER&U 方式為主，此方法為一快篩概念，期望藉由一方式快速找出有問題之橋梁，之後藉由詳細檢測，以儀器或相關設備進行局部破壞或非破壞檢測，釐清橋梁結構安全。為瞭解目前國內目視檢測方式是否有改進空間，爰將蒐集各國橋梁目視檢測方式，評估其差異性，以做為後續橋梁檢測方式精進之參考。

## 二、國內、外橋梁檢測類型制度

### 2.1 美國橋梁檢測類型

依據美國國家橋梁檢測標準(National Bridge Inspection Standards,

NBIS)<sup>[1]</sup> 及橋梁檢查員參考手冊 (Bridge Inspector's Reference Manual ,BIRM 2022)<sup>[2]</sup>，美國橋梁檢測類型分為 9 種類型(如表 2-1)，分別為初始檢測 (Initial)、定期檢測 (Routine)、破壞檢測 (Damage)、深入檢測 (In-Depth)、特殊檢測 (Special)、非贅餘鋼拉力構件(Nonredundant Steel Tension Member)、水下檢測(Underwater)、沖刷檢測( Scour Monitoring) 、服務檢查(Service)等。

表 2-1 美國橋梁檢測分類

	內容
初始檢測	此種檢測主要目的是建立橋梁初始檢測資料檔案，並可建立各構件結構評量資料，提供作為結構安全評量中，最初步評量之依據及資料庫之建置。
定期檢測	此種為例行性檢測，頻率為2年1次，主要目的是為確保橋梁結構是否符合服務安全性之要求。
損傷檢測	此種主要因突發環境改變或人為破壞而進行之檢測，檢測結果主要提供該緊急狀況是否需採取橋梁限重或關閉措施之參考。
深入檢測	使用非破壞檢測(NDE)技術對橋梁構件進行詳細的檢查，以辨別常規檢查程序不易檢測到的缺陷。一般非破壞檢測包括透地雷達、恆定電流脈衝測量、超音波檢測、氣離子含量測試等。
特殊(監測)檢測	用於監測特定已知或可疑缺陷，例如基礎沉陷、沖刷、疲勞損壞等。
非贅餘鋼拉力構件檢測	NSTM檢查使用目視方法，可輔以非破壞檢測。檢查內容包括疲勞裂縫、彎曲或其他變形，以及截面損失等。
水下檢測	無法通過目視、涉水或探測進行檢查，通常需要潛水或其他適當的技術，主要用於確定水下結構、河道狀況等。
沖刷檢測	沖刷檢測是在發生暴雨事件期間或之後，依據沖刷行動計畫的要求，由具有資格的人員進行的檢查。
服務檢測	定期檢測間隔超果過48個月時，服務檢測是基於安全風險的例行檢查，主要偵測上次定期檢測以後是否出現任何重大安全缺陷狀況。

資料來源:【2】

本研究整理。

## 2.2 日本橋梁檢測類型

依據日本國土交通省道路局 2019 年 2 月頒布「道路橋定期檢驗要領」

<sup>[7]</sup>、東日本高速道路株式會社「保全點檢要領-構造物篇」<sup>[8]</sup>，以及山梨縣「橋梁點檢要領」<sup>[9]</sup>等資料，日本橋梁檢測類型分為5種類型(如表 2-2)，分別為初期檢測、日常檢測、定期檢測、詳細檢測、異常(臨時)檢測。

表 2-2 日本橋梁檢測分類

檢測分類	內容
初期檢測	以掌握構造物完成後的初期狀況為目的所執行的檢測。配合初期檢測，當結構配置發生變化(例如變寬、變長)時，或修補等紀錄一併收集整理。
日常檢測	以車輛巡檢為主，儘早發現道路全面性異常、損傷等，判定是否需要做適當處置及修補等。
定期檢測	要掌握整體結構物的狀況以確保橋梁安全而定期實施的檢測工作，頻率為5年1次，該檢測結果可做為後續擬定檢測計畫之依據。
詳細檢測	為掌握、評估結構物損傷的細部狀況所實施之檢測，該檢測結果可做為後續擬定維護計畫等之基礎。
異常(臨時)檢測	因應異常氣象包括地震、颱風、暴雨、大雪等災害及重大事故，需要實施的檢測。

資料來源:【7】、【8】、【9】

本研究整理。

## 2.3 我國橋梁檢測類型

依據交通部頒布「公路橋梁檢測與補強規範」<sup>[12]</sup>，我國橋梁檢測類型分為3種類型(如表 2-3)，分別為定期檢測、詳細檢測、特別檢測。

表 2-3 臺灣橋梁檢測分類

檢測分類	內容
定期檢測	為掌握橋梁結構之健全度、及早發現造成功能減低或異常之損傷及其原因，而定期進行之檢測。 新建橋梁應於完工使用後2年內進行第1次定期檢測，爾後定期檢測之間隔以2年為原則。如有特別情況，公路養護管理機關、公路養護單位得視實際狀況調整，惟不得超過4年。
特別檢測	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；或巡查發現顯著異狀及公路養護管理機關、公路養護單位認為必要時而實施之檢測。

詳細檢測	橋梁於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時，以儀器或相關設備進行局部破壞或非破壞檢測等之檢測；或對跨河橋梁所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測。
------	---

資料來源:【12】

## 2.4 檢測類型比較

經蒐整美國、日本及臺灣目前橋梁相關規範及規定資料後，可知美國檢測類別較多，其次為日本，不過「定期檢測」、「特別檢測」及「詳細檢測」在各國檢測類型中均有包括，僅是使用名稱有所不同；其他檢測類型差異說明如下(如表 2-4):

1. 初始檢測:美國、日本有此檢測類別，主要目的是建立橋梁初始檢測資料檔案，掌握構造物完成後的初期狀況；國內雖無此類別，但實際作業已將橋梁一開始之基本資料登錄於橋梁管理資訊系統，新橋並於 2 年內進行第 1 次橋檢作業，檢測資料同時登錄於系統中。
2. 日常檢測:僅日本有此檢測類別，主要以車輛巡檢為主，儘早發現道路異常、損傷等，判定是否需要做適當處置及修補等；國內雖無此類別，但在檢測補強規範中已規定橋梁之巡查依照公路養護規範相關規定辦理，目前公路局與高公局均已將橋梁巡查訂定於各自養護手冊中。
3. 定期檢測、特別檢測以及詳細檢測:各國橋梁檢測都包含此 3 類檢測，其檢測定義與國內規範相同。其中定期檢測評估方式均採用目視檢測為主，並以橋梁構件為檢測單元；檢測頻率方面，美國與我國均是每 2 年 1 次，而日本則是 5 年 1 次。
4. 非贅餘鋼拉力構件檢測(Nonredundant Steel Tension Member):由於非贅餘鋼拉力構件(NSTM)為主要鋼構件完全受拉或部分受拉，其載重傳遞路徑沒有贅餘，結構系統及內部亦沒有贅餘；一旦損壞時，可能會導致整座橋梁或部分橋梁倒塌，因此美國將其獨立列為檢測類別，NSTM 定期檢測間隔以不超過 24 個月為原則，此外美國針對 NSTM 橋梁分為 3 個風險類別，檢查間隔可依不同類別對應 12、24 或 48 個月。日本則是將非贅餘鋼拉力構件納入定期檢測類型中，在「道路橋定期點檢要領」附錄 2 中列出懸索橋及斜張橋之結構及檢測重點。臺灣與日本相似，並無將其獨立成檢測類型，亦是放入定期檢測特殊性橋梁中；在南方澳大橋斷橋事件後，實有必要針對特殊性橋梁之檢測及補強訂定原則性規定，爰於 109 年 1 月 3 日頒布修訂「公路橋梁檢測及補強規範」，要求特殊性橋梁，應考量其結構特性及現地狀況(包含橋址腐蝕環境、沖刷情形、震區條件及交通特性等)訂定維護管理作業計畫，其中應包含

檢(監)測項目、執行方式與頻率、判定標準等；此外規範內文亦提出檢測重點，同時規範附錄檢測評估表已有特殊性橋梁構件(橋塔、鋼纜吊索等)劣化評等標準。

5. 特殊(監測)檢測:類似國內監測系統，此種檢測一般採用監測系統作為檢測工具，安裝不同感應器可監控橋梁不同狀況，例如應力應變計、傾斜計、光纖等，可針對橋梁基礎沉陷、河床沖刷等進行監測。目前交通部共有 37 座橋梁建置監測設備，其中高公局 9 座(8 座為預力箱型梁橋、1 座鋼索橋梁)、公路局 28 座(鋼索橋梁)，相關監測方式包括: 索力監測、沉陷量監測、轉角監測、位移(伸縮量)監測、溫度監測、應變監測、傾斜監測、高程變位測量等，透過監測資料變化，瞭解橋梁長期結構變化趨勢及安全性，此外特殊性橋梁維護管理作業計畫已要求檢(監)測項目。
6. 水下、沖刷檢測:美國為獨立檢測類別，國內詳細檢測項目已包含水下檢測、沖刷檢測等，例如跨河橋梁所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測，檢測方法包含河道橫斷面測量、單音束測深、多音束測深、側掃聲納、測深光達、水下無人載具攝影或委由專業潛水人員進行等。
7. 綜上目前國內規範之檢測名稱雖有不同，但實際作業項目及內容已是全部涵蓋在內，爰與美國、日本檢測制度並無差異。

表 2-4 國內外橋檢類別之差異性

檢測類別	美國	日本	國內	備註說明
初始檢測	V	V	Δ	國內實際作業已將橋梁一開始之基本資料登錄於橋梁管理資訊系統，新橋並於 2 年內進行第 1 次橋檢
日常檢測	-	V	Δ	國內檢測補強規範中已規定橋梁之巡查依照公路養護規範相關規定辦理，公路養護手冊等已包括橋梁巡查項目
定期檢測	V	V	V	檢測頻率(均以目視檢查為主): 1. 美國 2 年 1 次 2. 日本 5 年 1 次 3. 國內 2 年 1 次
特別檢測	V	V	V	美、日、臺灣均有該類別(僅名稱有所不同)
詳細檢測	V	V	V	美、日、臺灣均有該類別(僅名稱有所不同)

非贅餘鋼 拉力構件 檢測	V	Δ	Δ	1. 美國檢查使用目視方法，可輔以非破壞檢測，平均頻率為2年1次(依風險度) 2. 日本納入定期檢測類型中，頻率為5年1次 3. 國內納入特殊性橋梁檢測，授權各橋管機關於維護管理作業計畫，其中應包含檢(監)測項目、執行方式與頻率、判定標準等
特殊(監 測)檢測	V	-	Δ	國內部分重要橋梁即有安裝監測系統，且特殊性橋梁維護管理作業計畫已要求檢(監)測項目
水下檢測	V	-	Δ	國內詳細檢測已包括跨河橋梁所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測
沖刷檢測	V	-	Δ	國內詳細檢測已包括跨河橋梁所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測

本研究整理。

備註:

1. V代表規範有此檢測類別名稱
2. -代表規範無此檢測類別名稱，無法確認其他規範是否涵蓋
3. Δ代表規範雖無此檢測類別名稱，但相關檢測作業已實際涵蓋

### 三、國內、外橋梁定期目視檢測內容

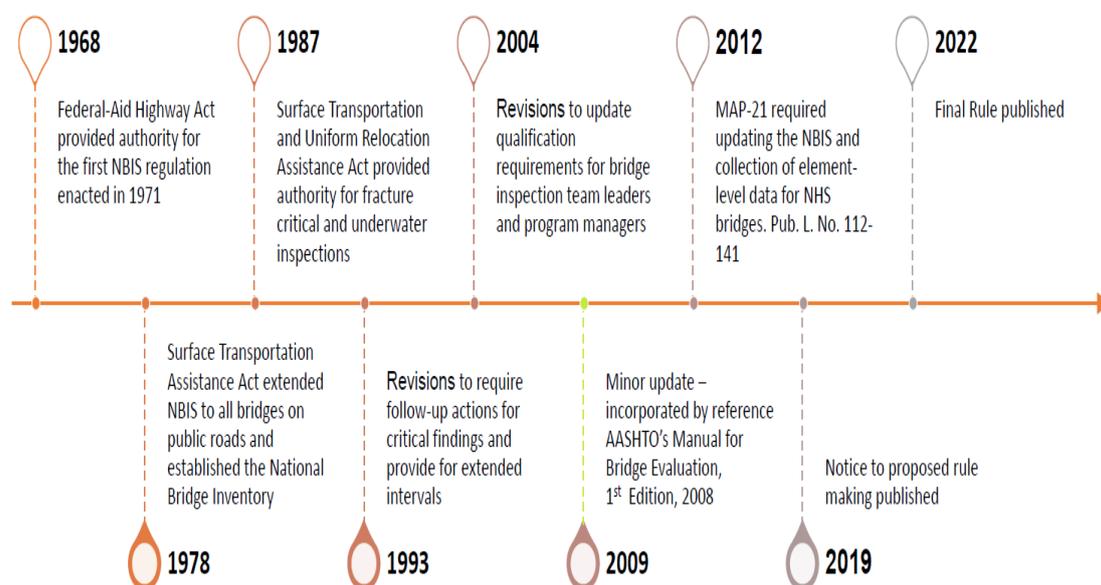
目前各國橋梁檢測仍是以定期檢測為主，並以目視方式檢視橋梁狀況，同時可藉由相關輔助工具協助檢測作業，各國定期檢測目的說明如下:

1. 美國:定期檢查的目的在於觀察並記錄橋梁構件的物理和功能狀況，主要是辨識初始或先前記錄條件有無任何變化，並確保結構繼續滿足當前的使用條件。這些檢查是從橋面板、上、下部結構開始進行的，必要時使用輔助設備，包括梯子、檢測車、索具和無人機，以足夠詳細地查看每個橋梁構件的所有區域，以確定缺陷的範圍和嚴重程度。
2. 日本:定期檢查確保橋梁得到適當的維護和管理，例如避免對道路使用者和第三方造成損害，避免橋梁垮塌等長期故障，並及時採取措施延長橋樑的使用壽命。透過仔細目視檢查查明情況，評估損壞程度並記錄外觀，確定對策類別，作為下一次定期檢查前採取措施的參考；此外亦會依照的規定要求，對每座公路橋梁的健康狀況進行診斷，以及每個零件的健康狀況供參考。
3. 臺灣:定期檢測是希望及早發現構件損傷劣化，使公路養護管理機關、

公路養護單位，於橋梁嚴重損壞前做出處理措施而實施之全面性目視檢測。檢測是以目視搭配便於攜帶之工具進行檢測，目視可分為直接目視與間接目視；直接目視係指檢測人員以肉眼直接檢視橋梁構件、間接目視係指檢測人員使用望遠鏡、高解析度相機、無人遙控載具、工業內視鏡等拍攝影像，或以重錘、水準尺、測距儀等易於攜帶之設備測得數據，再由檢測人員進行判斷。檢測人員可以徒步或搭乘輔助載具（如橋梁檢測車、高空作業車或船舶）之方式接近橋梁構件，用肉眼以直接目視方式進行橋梁構件之檢測。

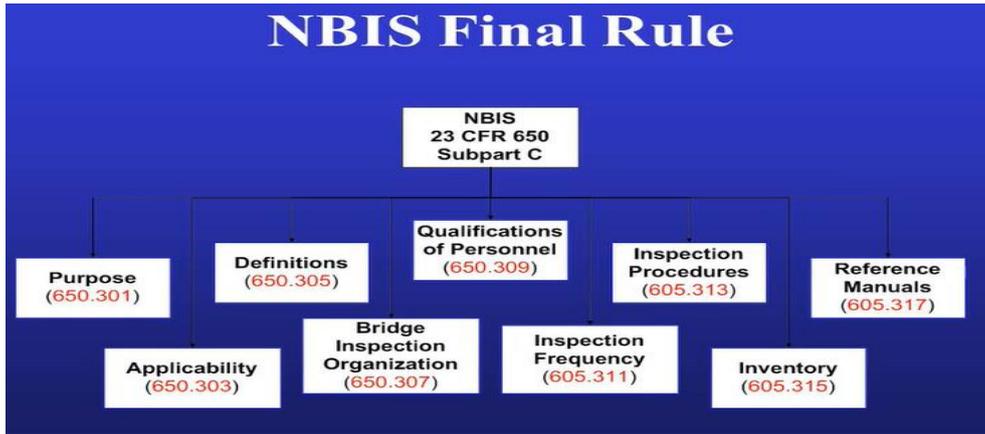
### 3.1 美國橋梁定期檢測內容

美國國家橋梁檢查標準(National Bridge Inspection Standards, NBIS) <sup>[1]</sup> 是針對美國公共道路上的公路橋梁安全檢查所制定的標準，起源於 1967 年 12 月 15 日俄亥俄州與西維吉尼亞州間之銀橋(Silver Bridge)斷落，造成 32 輛車墜落俄亥俄河及 46 人死亡後，橋梁安全維護成為全美的關注焦點。美國國會於 1968 年開始要求運輸部制定這些標準，而最初的 NBIS 遂於 1971 年發布，成為美國第一個全國協調的橋梁檢查計畫。NBIS 標準多年來一直在更新，最近一次更新是在 2022 年(圖 3.1)，使得橋梁檢測更為完善，NBIS 可分為 9 類，如圖 3.2 所示，包括檢測頻率、檢測流程等。



資料來源：【4】

圖 3.1 美國全國橋梁檢查標準演變歷程

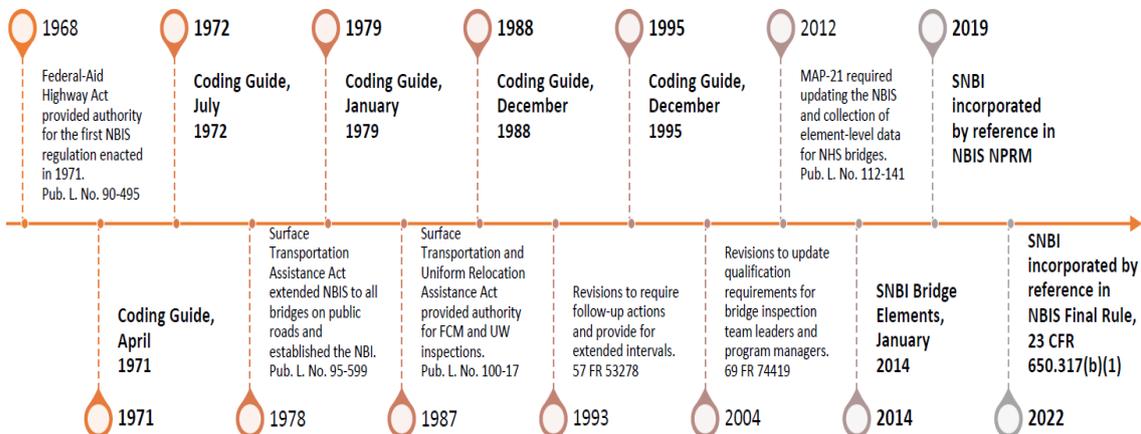


資料來源：【4】

圖 3.2 美國國家橋梁檢查標準分類

美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)開始依據國家橋梁檢查標準，針對全美國橋梁進行資料調查與整理，將橋梁調查之結果輸入「全國橋梁清冊(National Bridge Inventory, NBI)」資料庫中，為使橋梁調查人員能快速且統一填寫每一座的橋梁之基本現況，依據 NBIS 對調查人員進行專業培訓，並要求全美各州政府每 2 年必須對於負責之管轄橋梁進行全面檢測作業，而定期檢測 NBI 採用目視檢測方式，以達快速檢測之目的。

美國 1971 年制定國家橋梁檢查標準後，便於 1971 年 4 月公布全國橋梁清冊指引，其後配合國家橋梁檢查標準修訂亦修訂全國橋梁清冊指引內容，而在 2022 年配合 NBIS 最後規則，修訂全國橋梁清冊指引。經檢視 1971~2022 年執行內容，檢測項目內容多為小幅度修改，而 2022 年之後則是大幅度修改其檢測方式及內容(詳圖 3.3)。



資料來源：【4】

圖 3.3 美國全國橋梁清冊修正歷程

# 1. 美國 2022 年前定期檢測方式及內容

橋梁基本資料及檢測結果，須均記載於符合 NBIS 要求的「橋梁基本資料與評估表」(Structure Inventory and Appraisal Sheet, SI&A) <sup>[13]</sup>，如表 3-1 所示。

表 3-1 美國橋梁基本資料與評量(SI&A)表

**Structure Inventory and Appraisal Sheet**

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

<p>***** IDENTIFICATION *****</p> <p>(1) STATE NAME - _____ CODE ____</p> <p>(8) STRUCTURE NUMBER _____ # _____</p> <p>(5) INVENTORY ROUTE (ON/UNDER) - _____ = _____</p> <p>(2) HIGHWAY AGENCY DISTRICT _____</p> <p>(3) COUNTY CODE _____ (4) PLACE CODE _____</p> <p>(6) FEATURES INTERSECTED - _____</p> <p>(7) FACILITY CARRIED - _____</p> <p>(9) LOCATION _____</p> <p>(11) MILEPOINT/KILOMETERPOINT _____</p> <p>(12) BASE HIGHWAY NETWORK - _____ CODE ____</p> <p>(13) LRS INVENTORY ROUTE &amp; SUBROUTE # _____</p> <p>(16) LATITUDE _____ DEG _____ MIN _____ SEC</p> <p>(17) LONGITUDE _____ DEG _____ MIN _____ SEC</p> <p>(98) BORDER BRIDGE STATE CODE _____ % SHARE _____ %</p> <p>(99) BORDER BRIDGE STRUCTURE NO. _____ # _____</p> <p>***** STRUCTURE TYPE AND MATERIAL *****</p> <p>(43) STRUCTURE TYPE MAIN: MATERIAL - _____</p> <p style="padding-left: 20px;">TYPE - _____ CODE ____</p> <p>(44) STRUCTURE TYPE APPR: MATERIAL - _____</p> <p style="padding-left: 20px;">TYPE - _____ CODE ____</p> <p>(45) NUMBER OF SPANS IN MAIN UNIT _____</p> <p>(46) NUMBER OF APPROACH SPANS _____</p> <p>(107) DECK STRUCTURE TYPE - _____ CODE ____</p> <p>(108) WEARING SURFACE / PROTECTIVE SYSTEM:</p> <p style="padding-left: 20px;">A) TYPE OF WEARING SURFACE - _____ CODE ____</p> <p style="padding-left: 20px;">B) TYPE OF MEMBRANE - _____ CODE ____</p> <p style="padding-left: 20px;">C) TYPE OF DECK PROTECTION - _____ CODE ____</p> <p>***** AGE AND SERVICE *****</p> <p>(27) YEAR BUILT _____</p> <p>(106) YEAR RECONSTRUCTED _____</p> <p>(42) TYPE OF SERVICE: ON - _____</p> <p style="padding-left: 20px;">UNDER - _____ CODE ____</p> <p>(28) LANES: ON STRUCTURE _____ UNDER STRUCTURE _____</p> <p>(29) AVERAGE DAILY TRAFFIC _____</p> <p>(30) YEAR OF ADT _____ (109) TRUCK ADT _____ %</p> <p>(19) BYPASS, DETOUR LENGTH _____ KM</p> <p>***** GEOMETRIC DATA *****</p> <p>(48) LENGTH OF MAXIMUM SPAN _____ M</p> <p>(49) STRUCTURE LENGTH _____ M</p> <p>(50) CURB OR SIDEWALK: LEFT _____ M RIGHT _____ M</p> <p>(51) BRIDGE ROADWAY WIDTH CURB TO CURB _____ M</p> <p>(52) DECK WIDTH OUT TO OUT _____ M</p> <p>(32) APPROACH ROADWAY WIDTH (W/SHOULDERS) _____ M</p> <p>(33) BRIDGE MEDIAN - _____ CODE ____</p> <p>(34) SKEW _____ DEG (35) STRUCTURE FLARED _____</p> <p>(10) INVENTORY ROUTE MIN VERT CLEAR _____ M</p> <p>(47) INVENTORY ROUTE TOTAL HORIZ CLEAR _____ M</p> <p>(53) MIN VERT CLEAR OVER BRIDGE RDWY _____ M</p> <p>(54) MIN VERT UNDERCLEAR REF - _____ M</p> <p>(55) MIN LAT UNDERCLEAR RT REF - _____ M</p> <p>(56) MIN LAT UNDERCLEAR LT _____ M</p> <p>***** NAVIGATION DATA *****</p> <p>(38) NAVIGATION CONTROL - _____ CODE ____</p> <p>(111) PIER PROTECTION - _____ CODE ____</p> <p>(39) NAVIGATION VERTICAL CLEARANCE _____ M</p> <p>(116) VERT-LIFT BRIDGE NAV MIN VERT CLEAR _____ M</p> <p>(40) NAVIGATION HORIZONTAL CLEARANCE _____ M</p>	<p>***** CLASSIFICATION ***** CODE</p> <p>(112) NBIS BRIDGE LENGTH - _____</p> <p>(104) HIGHWAY SYSTEM - _____</p> <p>(26) FUNCTIONAL CLASS - _____</p> <p>(100) DEFENSE HIGHWAY - _____</p> <p>(101) PARALLEL STRUCTURE - _____</p> <p>(102) DIRECTION OF TRAFFIC - _____</p> <p>(103) TEMPORARY STRUCTURE - _____</p> <p>(105) FEDERAL LANDS HIGHWAYS - _____</p> <p>(110) DESIGNATED NATIONAL NETWORK - _____</p> <p>(20) TOLL - _____</p> <p>(21) MAINTAIN - _____</p> <p>(22) OWNER - _____</p> <p>(37) HISTORICAL SIGNIFICANCE - _____</p> <p>***** CONDITION ***** CODE</p> <p>(58) DECK - _____</p> <p>(59) SUPERSTRUCTURE - _____</p> <p>(60) SUBSTRUCTURE - _____</p> <p>(61) CHANNEL &amp; CHANNEL PROTECTION - _____</p> <p>(62) CULVERTS - _____</p> <p>***** LOAD RATING AND POSTING ***** CODE</p> <p>(31) DESIGN LOAD - _____ OR _____</p> <p>(63) OPERATING RATING METHOD - _____</p> <p>(64) OPERATING RATING - _____</p> <p>(65) INVENTORY RATING METHOD - _____</p> <p>(66) INVENTORY RATING - _____</p> <p>(70) BRIDGE POSTING - _____</p> <p>(41) STRUCTURE OPEN, POSTED OR CLOSED - _____</p> <p style="padding-left: 20px;">DESCRIPTION - _____</p> <p>***** APPRAISAL ***** CODE</p> <p>(67) STRUCTURAL EVALUATION - _____</p> <p>(68) DECK GEOMETRY - _____</p> <p>(69) UNDERCLEARANCES, VERTICAL &amp; HORIZONTAL - _____</p> <p>(71) WATERWAY ADEQUACY - _____</p> <p>(72) APPROACH ROADWAY ALIGNMENT - _____</p> <p>(36) TRAFFIC SAFETY FEATURES - _____</p> <p>(113) SCOUR CRITICAL BRIDGES - _____</p> <p>***** PROPOSED IMPROVEMENTS *****</p> <p>(75) TYPE OF WORK - _____ CODE ____</p> <p>(76) LENGTH OF STRUCTURE IMPROVEMENT _____ M</p> <p>(94) BRIDGE IMPROVEMENT COST \$ _____,000</p> <p>(95) ROADWAY IMPROVEMENT COST \$ _____,000</p> <p>(96) TOTAL PROJECT COST \$ _____,000</p> <p>(97) YEAR OF IMPROVEMENT COST ESTIMATE _____</p> <p>(114) FUTURE ADT _____</p> <p>(115) YEAR OF FUTURE ADT _____</p> <p>***** INSPECTIONS *****</p> <p>(90) INSPECTION DATE ____/____/____ (91) FREQUENCY ____ MO</p> <p>(92) CRITICAL FEATURE INSPECTION: (93) CFI DATE</p> <p style="padding-left: 20px;">A) FRACTURE CRIT DETAIL - ____ - ____ MO A) ____/____</p> <p style="padding-left: 20px;">B) UNDERWATER INSP - ____ - ____ MO B) ____/____</p> <p style="padding-left: 20px;">C) OTHER SPECIAL INSP - ____ - ____ MO C) ____/____</p>
--	--

資料來源：【13】

「橋梁基本資料與評估表」所需填列資料項目，包括(1)橋梁身分 (Identification)、(2)結構型式及材料(Structure Type and Material)、(3)橋

齡及服務功能(Age and Service)、(4)幾何資料(Geometric Data)、(5)水文資料(Navigation)、(6)橋梁等級(Classification)、(7)能力評等(Sufficiency Rating)、(8)橋梁現況(Condition)、(9)橋梁載重與告示資料(Load Rating and Posting)、(10)橋梁評估(Appraisal)、(11)橋梁改善建議(Proposed Improvements)、及(12)檢測建議(Inspection)等計 12 項，其中第(8)項橋梁現況為橋梁部位之檢測評等資料，各項填寫內容概述如表 3-2。

「橋梁基本資料與評估表」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，而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，其中「Condition」項目用於橋梁現況評等，亦即將橋梁分為五項部位(Components)，包括(1)橋面版、(2)上部結構、(3)下部結構、(4)河道及河道保護工以及(5)涵管。

表 3-2 美國橋梁基本資料與評量(SI&A)表填寫內容

項目	內容
(1) 橋梁身分	州名、編號、經緯度等
(2) 結構型式及材料	結構主要型式、材質、跨數、橋面板型式與材質、鋪面型式等
(3) 橋齡及服務功能	建造及改建年份、服務水準等級、每日及年平均交通量、替代道路長度等
(4) 幾何資料	最大跨距、橋寬及橋面版寬、引道長寬、橋上及橋下最大淨高等
(5) 水文資料	航道垂直淨高及水平淨寬、橋墩護體設施等
(6) 橋梁等級	公路等級、功能等級、車流等級、收費等級、維修等級、所屬單位等級、歷史重要等級等
(7) 能力評等	橋梁結構及服務水準之評估
(8) 橋梁現況	橋面版、上下部結構、河道(保護工)及涵管評量等
(9) 橋梁載重與告示資料	設計載重、封橋及開放載重等公告資訊
(10) 橋梁評估	結構分析、橋面幾何、橋下淨高及淨寬、航道適當性、交通安全性、沖刷評量等
(11) 橋梁改善建議	改善工作、數量、費用、期限等
(12) 檢測建議	檢測日期、危險部位檢測建議、水下檢測建議、其它特別檢測之建議等

資料來源：【13】

依據美國聯邦公路總署公布之「橋梁檢測員參考手冊」(Bridge Inspector's Reference Manual, BIRM)<sup>[2]</sup>，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等，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。

BIRM 中將橋梁檢測評等部位(Evaluating Components)分為 3~5 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(4)河道及保護設施(Channel and Channel Protection)進行評等；若為箱涵，則針對(5)箱涵(Culverts)本身進行評等。為了評等上述部位現況(Condition Rating)，須針對各部位之構件進行劣化評量，構件評等(Evaluating Elements)準則如表 3-3 所示，分為 4 級：好(Good)、普通(Fair)、差(Poor)以及極差(Critical)。各構件評量後再對各部位進行評等(Condition Rating)，且須綜合考量構件狀況，評等結果分為 0、1、2...~N 等 11 級(如表 3-4)。表 3-5 為橋梁下部結構檢測案例，先進對下部構件如翼牆、帽梁等進行評估，再對整體部位進行評等，以此案例下部結構為 7 分，代表良好狀況。

表 3-3 橋梁構件評等(Evaluating Elements)準則

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

資料來源：【13】

表 3-4 橋梁部位評等 (Condition Rating) 準則

分數	狀況	說明
N	NOT APPLICABLE	不適用
9	完美 (excellent condition)	狀況完美
8	非常良好 (very good condition)	無損壞情形之記載
7	良好(good condition)	有些輕微損壞
6	尚可(satisfactory)	結構構件有些輕微劣化現象

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

資料來源: 【13】

表 3-5 美國橋梁檢測表填寫案例

The image displays two examples of bridge inspection forms, FCF Form D-450 (DEC 1998). The left form is titled 'Abutment Data' and the right form is titled 'Pier Data'. Both forms include a header with project information (AD1, 02, 74, 21, 00, 00, 09, 08, 1, E06, 06, 23) and an inspection date. The 'Abutment Data' form shows various components like Backwall, Bridge Seats, Cheekwalls, Stem, Wings, Footings, Piles, and Embankment/Slope/Wall, all with condition ratings such as 'GOOD CONDITION - NEW CONSTRUCTION' or 'NOT VISIBLE'. The 'Pier Data' form shows Pier/Bent Number 1 and 2, with Bridge Seats, Caps, Cheekwalls, Columns/Stems, and Footings, all with condition ratings like 'GOOD CONDITION - NEW CONSTRUCTION' or 'NOT VISIBLE'. Both forms also include sections for 'Files' (NOT VISIBLE), 'Scour/Undermines' (NONE NOTED), and 'Settlement' (NONE NOTED).

資料來源: 【5】

## 2. 2022 年後定期檢測方式及內容

美國聯邦公路總署 2022 年公布新版「橋梁檢測員參考手冊」(Bridge Inspector's Reference Manual, BIRM)<sup>[2][3]</sup>，橋梁檢測評估部位從 5 項增至 15 項(如表 3-6)，而評等準則亦有所改變，其中 B.C.01~ B.C.07 評等準則如表 3-7 所示，B.C.08 評等準則如表 3-8 所示，B.C.09 評等準則如表 3-9 所示，B.C.10 評等準則如表 3-10 所示，B.C.11 評等準則如表 3-11 所示，B.C.12 橋梁狀況分類如表 3-12 所示，B.C.13 最低狀況評等代碼 3-13 所示，B.C.14 評等準則如表 3-14 及表 3-15 所示，B.C.15 評等準則如表 3-16 所示。

- (1) B.C.12 橋梁狀況分類並不是評等準則，而是為評估橋梁分類績效，評估方法是以 B.C.01~B.C.04 項目中的最低狀況為評估結果，其評量分數再分類為 Good(7,8,9)、Fair(5,6)、Poor(4,3,2,1,0)共 3 類。
- (2) B.C.13 最低狀況評等代碼係由美國聯邦公路總署自動計算，由 B.C.12 取得後上傳。
- (3) B.C.14 為非贅餘鋼拉力構件評等，如果橋梁有 NSTM 構件時，該項目必須納入檢查程序中，同時評等結果須一併納入上部結構或下部結構狀況等級。

美國聯邦公路總署公布 2026 年 1 月 1 日起，開始驗證已轉換檢測資料，並蒐集受檢查橋梁的新 SNBI 資料，各橋管機關可以選擇提前開始資料蒐集和驗證，以滿足 2028 年 3 月 15 日提交完整 SNBI 檢測資料的期限。

表 3-6 橋梁部位評等項目

項次	項目
B.C.01	橋面板狀況評等(Deck Condition Rating)
B.C.02	上部結構狀況評等(Superstructure Condition Rating)
B.C.03	下部結構狀況評等(Substructure Condition Rating)
B.C.04	涵洞狀況評等(Culvert Condition Rating)
B.C.05	橋梁欄杆狀況評等(Bridge Railings Condition Rating)
B.C.06	引道橋樑欄杆狀況評等(Bridge Railing Transitions Condition Rating)
B.C.07	橋梁支成狀況評等(Bridge Bearings Condition Rating)
B.C.08	橋梁伸縮縫狀況評等(Bridge Joints Condition Rating)
B.C.09	河道狀況評等(Channel Condition Rating)

B.C.10	河道保護狀況評等(Channel Protection Condition Rating )
B.C.11	沖刷狀況評等(Scour Condition Rating )
B.C.12	橋梁狀況分類(Bridge Condition Classification )
B.C.13	最低狀況評等代碼(Lowest Condition Rating Code )
B.C.14	NSTM 檢驗狀況(NSTM Inspection Condition)
B.C.15	水下檢查狀況(Underwater Inspection Condition)

資料來源：【3】

表 3-7 B.C.01 到 B.C.07 狀況評等

分數	狀況	說明
N	不適用(NOT APPLICABLE)	部位不存在
9	完美(EXCELLENT)	局部隱藏缺陷
8	非常好(VERY GOOD)	一些隱藏的缺陷
7	好(GOOD)	一些輕微缺陷
6	尚可(SATISFACTOR )	許多輕微或局部中度缺陷
5	普通(FAIR)	一些中等缺陷；部位的強度和性能不受影響
4	差(POOR)	許多中等或局部重大缺陷；部位強度/性能受到影響
3	嚴重(SERIOUS)	重大缺陷；部位的強度/性能受到嚴重影響。需更頻繁的監測、載重限制/修復措施
2	危急(CRITICAL)	重大缺陷；部位受到嚴重損害。為維持橋梁開放，需嚴密監測、嚴格的載重限制/修復措施
1	即將損壞(IMMINENT FAILURE)	由於部位狀況損壞，橋梁禁止通行，修復後橋梁或許可恢復使用
0	損壞(FAILED)	無法修復，橋梁已關閉，需要重建才能恢復服務

資料來源：【3】

表 3-8 B.C.08 橋梁伸縮縫狀況評等

分數	狀況	說明
N	不適用(NOT APPLICABLE)	伸縮縫不存在
9	完美(EXCELLENT)	局部隱藏缺陷
8	非常好(VERY GOOD)	一些隱藏的缺陷
7	好(GOOD)	一些輕微缺陷
6	尚可(SATISFACTOR)	許多輕微或局部中度缺陷
5	普通(FAIR)	一些中等缺陷
4	差(POOR)	許多中等或局部重大缺陷
3	嚴重(SERIOUS)	一些重大缺陷
2	危急(CRITICAL)	許多重大缺陷
1	即將損壞(IMMINENT FAILURE)	伸縮縫已損壞無功能
0	損壞(FAILED)	伸縮縫已損壞並有安全疑慮

資料來源：【3】

表 3-9 B.C.09 河道狀況評等

分數	狀況	說明
N	不適用(NOT APPLICABLE)	橋梁無跨越河流
9	完美(EXCELLENT)	沒有缺陷
8	非常好(VERY GOOD)	只有隱藏的缺陷
7	好(GOOD)	一些輕微缺陷
6	尚可(SATISFACTOR)	許多輕微或局部中度缺陷
5	普通(FAIR)	中度缺陷，橋梁與引道並無影響
4	差(POOR)	許多中等或局部重大缺陷，橋梁與引道受到影響
3	嚴重(SERIOUS)	重大缺陷，橋梁與引道受到嚴重影響，需更頻繁的監測、載重限制/修復措施

2	危急(CRITICAL)	重大缺陷，橋梁與引道受到非常嚴重影響，為維持橋梁開放，需嚴密監測、嚴格的載重限制/修復措施
1	即將損壞 (IMMINENT FAILURE)	由於河道狀況，橋梁禁止通行。河道修復，橋樑可能會恢復使用狀況
0	損壞(FAILED)	由於河道狀況，橋梁已關閉，無法採取修復措施。橋梁位置或設計無法再配合河道，需要重建橋梁才能恢復服務

資料來源: 【3】

表 3-10 B.C.010 河道保護狀況評等

分數	狀況	說明
N	不適用(NOT APPLICABLE)	橋梁無跨越河流，或者無河道保護設施
9	完美(EXCELLENT)	局部隱藏缺陷
8	非常好(VERY GOOD)	一些隱藏的缺陷
7	好(GOOD)	一些輕微缺陷
6	尚可 (SATISFACTOR)	許多輕微或局部中度缺陷
5	普通(FAIR)	一些中等缺陷，河道保護設施性能沒受影響
4	差(POOR)	許多中等或局部重大缺陷，河道保護設施性能受到影響
3	嚴重(SERIOUS)	重大缺陷，河道保護設施性能受到嚴重影響，需更頻繁的監測或修復措施
2	危急(CRITICAL)	重大缺陷，河道保護設施受到嚴重損害，需更頻繁的監測或修復措施
1	即將損壞 (IMMINENT FAILURE)	河道保護設施已損壞，但修復措施後能可使用
0	損壞(FAILED)	河道保護設施無法修復，需重建

資料來源: 【3】

表 3-11 B.C.11 沖刷狀況評等

分數	說明
N	橋梁無跨越河流
9	無沖刷
8	無明顯沖刷
7	一些輕微沖刷
6	許多輕微或局部中度沖刷
5	中度沖刷，橋梁強度和穩定性不受影響
4	許多中等或局部重大沖刷，橋梁強度和穩定性受影響
3	重大沖刷，橋梁強度和穩定性受到嚴重影響，需更頻繁的監測、載重限制/修復措施
2	重大沖刷；橋梁強度和穩定性受到非常嚴重影響。為維持橋梁開放，需嚴密監測、嚴格的載重限制/修復措施
1	由於沖刷狀況，橋梁禁止通行，河道修復後橋梁或許可恢復使用
0	由於沖刷狀況，橋梁已關閉，需要重建才能恢復服務

資料來源: 【3】

表 3-12 B.C.12 橋梁狀況分類

規則	內容
<p>該項目由美國聯邦公路總署計算，無需報告。橋梁狀況分類使用以下代碼之一表示。(This item is calculated by FHWA and is not required to be reported. The bridge condition classification is indicated using one of the following codes)</p> <p>G Good 7, 8, or 9</p> <p>F Fair 5 or 6</p> <p>P Poor 4, 3, 2, 1, or 0</p>	<p>為評估橋梁分類績效，評估方法是以項目中的最低（即最低）狀況為評等結果:(For the purposes of national performance measures, the method of assessment to determine the classification of a bridge is the minimum (i.e. lowest) condition rating code from the following items)</p> <p>B.C.01 (Deck Condition Ratin), B.C.02 (Superstructure Condition Ratin), B.C.03 (Substructure Condition Ratin), B.C.04 (Culvert Condition Rating).</p>

資料來源: 【3】

表 3-13 B.C.13 最低狀況評等代碼

內容
<p>該項目由美國聯邦公路總署計算，無需報告。該項目的代碼是以下列項目中最低的狀況評級代碼：(This item is calculated by FHWA and is not required to be reported. The code for this item is the lowest condition rating code from the following items)</p> <p>B.C.01 (Deck Condition Rating),</p> <p>B.C.02 (Superstructure Condition Rating),</p> <p>B.C.03 (Substructure Condition Rating),</p> <p>B.C.04 (Culvert Condition Rating).</p>

資料來源：【3】

表 3-14 B.C.14 非贅餘鋼拉力構件評等(1)

規則	內容
<p>使用下表中的代碼之一報告非贅餘鋼拉力構件(NSTM)的狀況等級(Report the condition rating of the Non-Redundant Steel Tension Members (NSTM) using one of the codes in Table 2.0)</p> <p>Do not report this item when Item B.IR.01 (NSTM Inspection Require) dis N</p>	<p>該項目表示在 NSTM 檢查程序中確定要檢查的狀況，並納入上部結構或下部結構狀況等級 (This item represents the condition of NSTM(s) identified to be inspected in the NSTM inspection procedures, and incorporated into the superstructure or substructure condition rating)</p> <p>For a bridge with NSTM(s) in both the superstructure and substructure, report only the lower of the two condition values for the condition of the NSTM(s).</p>

資料來源：【3】

表 3-15 B.C.14 非贅餘鋼拉力構件評等(2)

分數	狀況	說明
N	不適用(NOT APPLICABLE)	構件不存在
9	完美(EXCELLENT)	局部隱藏缺陷
8	非常好(VERY	一些隱藏的缺陷

	GOOD)	
7	好(GOOD)	一些輕微缺陷
6	尚可 (SATISFACTOR )	許多輕微或局部中度缺陷
5	普通(FAIR)	一些中等缺陷；構件的強度和性能不受影響
4	差(POOR)	許多中等或局部重大缺陷；構件強度/性能受到影響
3	嚴重(SERIOUS)	重大缺陷；構件的強度/性能受到嚴重影響。需更頻繁的監測、載重限制/修復措施
2	危急(CRITICAL)	重大缺陷；構件受到嚴重損害。為維持橋梁開放，需嚴密監測、嚴格的載重限制/修復措施
1	即將損壞 (IMMINENT FAILURE)	由於部位狀況損壞，橋梁禁止通行，修復後橋梁或許可恢復使用
0	損壞(FAILED)	許多中等或局部重大缺陷；構件強度/性能受到影響

資料來源：【3】

表 3-16 B.C.15 水下檢查狀況評等

分數	狀況	說明
N	不適用(NOT APPLICABLE)	構件不存在
9	完美 (EXCELLENT)	局部隱藏缺陷
8	非常好(VERY GOOD)	一些隱藏的缺陷
7	好(GOOD)	一些輕微缺陷
6	尚可 (SATISFACTOR )	許多輕微或局部中度缺陷
5	普通(FAIR)	一些中等缺陷；構件的強度和性能不受影響
4	差(POOR)	許多中等或局部重大缺陷；構件強度/性能受到影響
3	嚴重(SERIOUS)	重大缺陷；構件的強度/性能受到嚴重影響。需更頻繁的監測、載重限制/修復措施
2	危急(CRITICAL)	重大缺陷；構件受到嚴重損害。為維持橋梁開放，需嚴密監測、嚴格的載重限制/修復措施
1	即將損壞	由於部位狀況損壞，橋梁禁止通行，修復後橋梁或

	(IMMINENT FAILURE)	許可恢復使用
0	損壞(FAILED)	由於部位狀況損壞，橋梁已關閉，無法採取修復措施，須要重建才能恢復服務。

資料來源: 【3】

### 3.2 日本橋梁定期檢測內容

日本國土交通省道路局於 2019 年 3 月頒布「道路橋定期點檢要領」<sup>[7]</sup>，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 5 年 1 次的頻率實施，主要以近距離目視檢測為主，為了正確診斷橋梁的狀況，檢測人員應離得夠近，以便直觀地掌握橋梁的外觀，必要時需結合敲擊聲、觸檢或打音法等非破壞性的檢測方法，以正確診斷出橋梁的健全性。

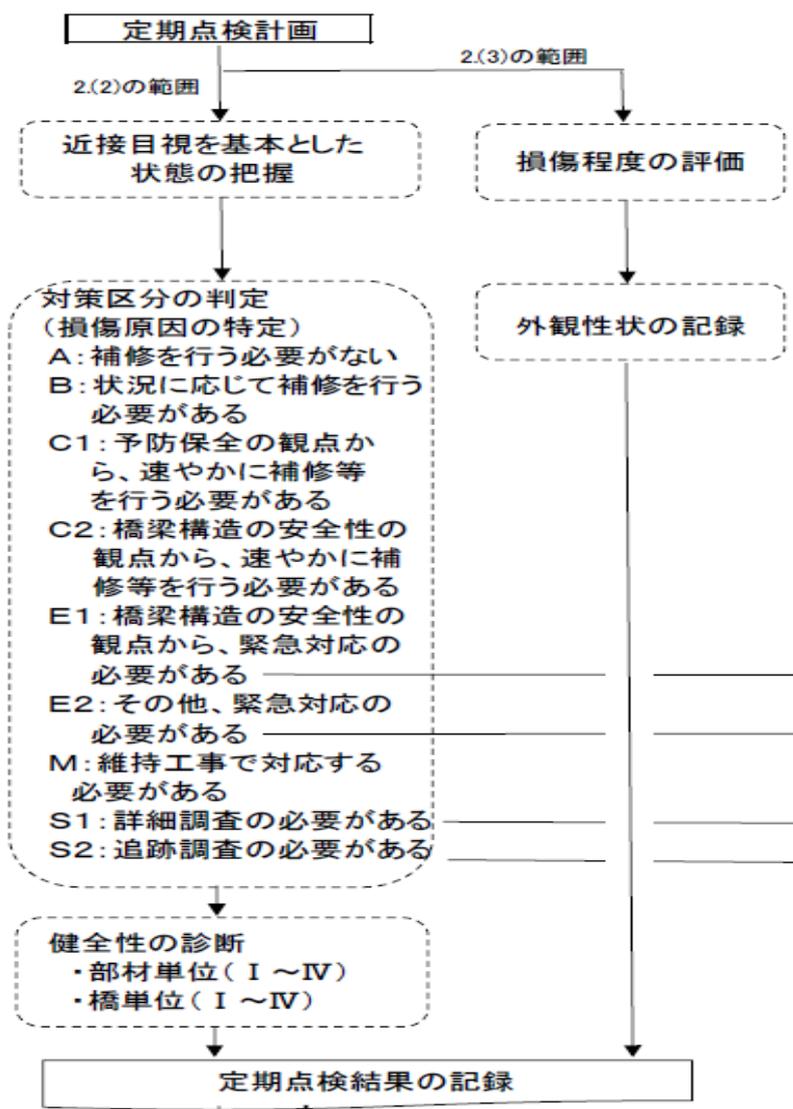
檢測流程如圖 3.4 所示，包含「損傷程度的評估」、「對策區分的判定」及「健全性的診斷」。先以構件為單位，判斷各構件的損壞程度，再依損壞程度進行對策區分判定，檢測範圍包括上部結構(主梁、橫梁、橋面版)、下部結構、支承及其他，最後以所有主構件中最嚴重的健全性診斷區分作為整座橋梁的區分代表。

依「道路橋定期點檢要領」附錄損傷程度的評價要領，列出橋梁常見損害類型，如腐蝕、裂縫、剝落、鋼筋外露等，並有其對應之評等值，以表 3-17 為例，混凝土及鋼筋外露可依劣化程度不同分為 a~e 級，a 為無損傷，c 為僅發生剝落，d 為鋼筋裸露、鏽蝕輕微，e 為鋼筋裸露，嚴重腐蝕或斷裂。

對策區分判定的流程如圖 3.5 所示，係依損害程度進行對策判定，分類結果共有 9 類，其判定內容(表 3-18)如下:

1. A 為未觀察到損壞，或損壞輕微且不需要修理。
2. B 為須要根據情況進行修復。
3. C1 為從預防性維護的角度來看，需要及時進行修復。
4. C2 為從橋梁結構的安全角度考慮，必須及時進行修復。
5. E1 為從橋梁結構安全的角度來看，緊急應變是必要的。
6. E2 為還須要緊急應變。
7. M 為須要透過維護工作來解決。
8. S1 為須要進行詳細調查。
9. S2 為追蹤調查是必要的。

而健全性的診斷則可參考對策判斷，有其對應值，A、B屬於「I」，C1、M屬於「II」，C2屬於「III」，E1、E2屬於「IV」；健全性共分為4類相關內容詳如表3-19，檢測完後須將資料填寫至圖3.6中。此外「道路橋定期點檢要領」有針對詳細調查或追蹤調查必要性進行說明，因為透過定期檢查可以確定的損壞程度是有限的，如果損壞的原因、規模和可能性不明確，並且很難做出維護的判斷時，則應依構件的重要性考慮是否須要進行詳細調查或追蹤調查。



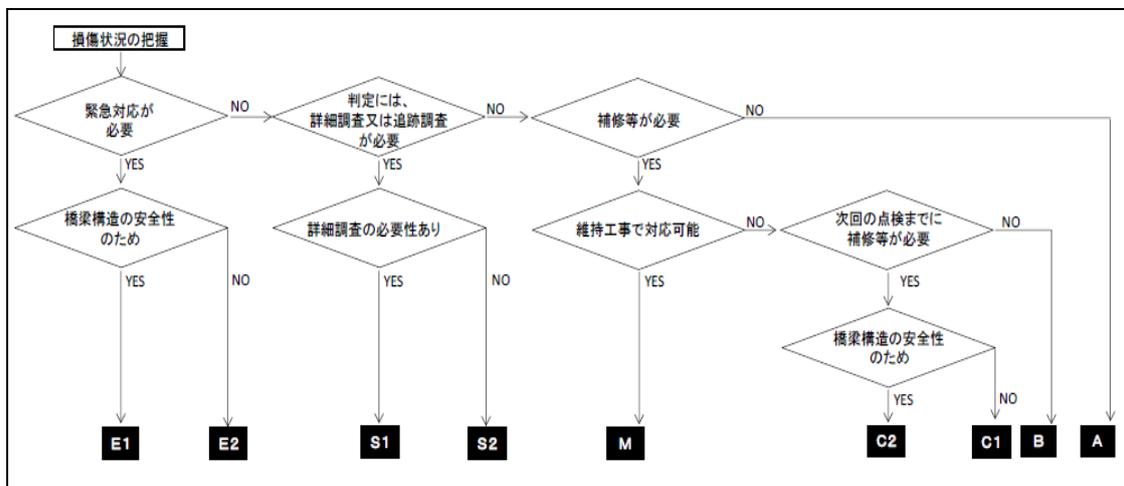
資料來源: 【7】

圖 3.4 日本橋梁定期檢查流程

表 3-17 混凝土及鋼筋外露劣評等

区分	一般的状況
a	損傷なし
b	—
c	剥離のみが生じている。
d	鉄筋が露出しており、鉄筋の腐食は軽微である。
e	鉄筋が露出しており、鉄筋が著しく腐食又は破断している。

資料來源: 【7】



資料來源: 【7】

圖 3.5 對策區分判定的流程

表 3-18 對策區分的判定内容

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C 1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
C 2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事で対応する必要がある。
S 1	詳細調査の必要がある。
S 2	追跡調査の必要がある。

資料來源: 【7】

表 3-19 健全性分類說明

區分		狀態	處理措施
I	健全	橋梁功能未受損	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 結構的功能沒有問題的狀態</li> <li>2. 雖然有損壞需要修理，但損壞原因和損壞程度已經明確，不急於立即修理。可以確定結構的安全性不會受到重大損害的情況，至少在下一次定期檢查之前（大約 5 年內）</li> </ol>
II	預防維修階段	橋梁功能不受影響，但從預防性維護角度來看，可採取維護措施	損壞已經進展，從保證耐久性（預防性維護）的角度可以確定需要按照修復計畫在適當的時間進行修復。但從橋梁結構的安全角度來看，不急需立即修復
III	早期處理階段	橋梁功能可能受損，應及早採取措施	損壞已發展到相當程度，相關構件的功能和安全性明顯惡化。根據橋梁結構的劣化和進展情況，並從橋梁結構的安全性角度出發，可以判斷是否需要早期修復
IV	緊急處理階段	橋梁功能已受損或極可能已受損，應採取緊急措施	需要立即採取安全措施的情況，例如立即實施交通限制或緊急修復

資料來源：【7】

橋梁名・所在地・管理者名等		路線名	所在地	起点側	緯度	経度	橋梁ID
〇〇橋 (フリガナ)マルマルバシ		県道〇〇	〇〇県△△市□□地先		〇° ×' △"	□° ▽' ◎"	
管理者名 〇〇県〇〇振興局〇〇土木事務所		定期点検実施年月日 2013.5.〇	路下条件 市道	代替路の有無 有	自専道or一般道 一般道	緊急輸送道路 二次	占用物件(名称) 水道管
部材単位の診断(各部材毎に最も悪い健全性の診断結果を記入)				定期点検者 (株)〇〇 △△ □□			
定期点検時に記録				応急措置後に記録			
部材名	判定区分 (I~IV)	変状の種類 (II以上の場合に 記載)	備考(写真番号、 位置等が分かる ように記載)	応急措置後の 判定区分	応急措置内容	応急措置及び 判定実施年月日	
上部構造	主桁	腐食	写真1、主桁02	I		2013.5.〇	
	横桁	腐食	写真1、横桁02	I		2013.5.〇	
	床版	ひびわれ	写真2、床版01	II		2013.5.〇	
下部構造	I						
支承部	I						
その他							
道路橋毎の健全性の診断(判定区分I~IV)							
定期点検時に記録							
判定区分 (所見等)		(適切に記載する)					
III							
全景写真(起点側、終点側を記載すること)							
架設年次	橋長	幅員					
1984年	107m	11.8m					
構造形式			〇径間連続橋〇桁橋、〇式橋台2基、〇式橋脚2基				

※架設年次が不明の場合は「不明」と記入する。

20

資料來源:【7】

圖 3.6 日本橋梁定期檢查總表

### 3.3 國內橋梁定期檢測內容

依據「公路橋梁檢測及補強規範」<sup>[12]</sup>，定期檢測之檢測方式係以直接目視或間接目視檢測為主，檢測人員以徒步儘可能接近檢測構件，必要時搭乘輔助載具，或使用其他觀測、量測設備取得相關資訊，判斷構件是否有劣化或異常情況。

劣化評等採「DERU 目視檢測法」(如表 3-20)，D 值為定期檢測依構件劣化狀況評定劣化程度、E 值為劣化範圍、R 值為劣化情況對橋梁結構使用性及用路人安全性之影響，U 值為處置的急迫性，各項評估說明如下：

1. 橋梁結構物劣化程度評等(D 值)：橋梁結構物劣化程度評等包含上部結構系統、下部結構系統、橋面系統、相關附屬設施等之損傷劣化評等；跨河橋梁另包含河道劣化程度之評等。
2. 橋梁結構物劣化範圍評等(E 值)：橋梁結構物劣化範圍評等包含上部結構、下部結構、橋面系統、相關附屬設施構件損傷劣化範圍之評等；跨河橋梁另包含河道變遷、沖刷程度、下部結構保護設施損傷範圍及上下游開採砂石範圍之評等。
3. 橋梁結構使用性及用路人安全性影響評等(R 值)：橋梁結構使用性及用路人安全性影響評等，主要係表達不同構件於不同位置之劣化情況對該構件或整體橋梁之使用性，及對駕駛人或行人安全性的影響程度。
4. 處置急迫性評等(U 值)：處置急迫性評等為反映整體結構或部分構件維修處置順序和急迫性。

表 3-20 DERU 評估準則一覽表

類別	說明	0	1	2	3	4
D	嚴重程度	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損壞
E	受損範圍	無法檢測	10%以下	10%~30%	30%~60%	60%以上
R	安全影響程度	無法判定重要性	微	小	中	大
U	維修急迫性	無法判定急迫性	例行養護	3年內維護或持續追蹤	1年內維護	緊急處置

資料來源: 【12】

### 3.4 小結

橋梁定期的目視檢測，對橋梁管理而言是必須且重要之工作，美國聯邦公路總署的檢測評估方式更改前(2022年)，是先將各項構件的劣化程度評估為 1~4 級(良好、普通、差及非常嚴重)，再依據各構件狀況進一步以 0~9 級評估各部位狀態(橋面板、上部、下部結構等)，但在 2022 年檢測評估方式更改後，美國已將檢測評估部位從 5 項增至 13 項，劣化程度評估分為 0~9 級，但仍是先將各項構件的劣化程度進行評估，再依據各構件狀況進一步評估各部位狀態(橋面板、上部、下部結構等)，而評估橋梁整體結構安全狀況，則是以 B.C.01~B.C.04 項目中的最低分數做為評估結果，並對應良好、普通、差的狀態(若有非贅餘鋼拉力構件則須將 B.C.14 項納入評估)。

日本的檢測評估準則是依各構件的損壞程度進行評等，依劣化程度不同可分為 a~e 級(共 5 級)，再依損壞程度可進行對策區分判定，並提出最後「健全性的診斷」共 4 類，亦是該橋之處理措施。國內 DER&U 評估準則是依各構件的損壞程度進行評等，依劣化程度不同可分為 1~4 級，而構件維修之急迫性 U 值則是分為 1~4 級。

上述各評估準則均有對橋梁構件損傷狀態進行評等，但在後續維護則只有日本及臺灣有對應之處理措施(例如多久維修等)，此外橋梁各部位整體評估上，美國及日本均有分類，例如上、下部結構、橋面板等，並以構件分數評等最低者為其代表，臺灣評估準則目前尚未針對部位有整體性評

估，但增加劣化範圍(E 值)、重要性(R 值)，對於橋梁實際狀況之判讀上應更為準確。此外美國判定等級區分過細(0~9 級)，對現地檢測人員在評等構件分數時，可能因過多的等級，造成判斷上的迷惑與困擾，日本及國內目前的評估準則，較無此方面的問題。

## 四、各國目視檢測差異與精進探討

### 4.1 橋梁目視檢測實際案例

本研究由車行橋梁管理資訊系統中選擇 1 座橋梁進行目視檢測比較，該橋長為 8 公尺，共有 2 跨；經以美國、日本及我國規定進行目視檢測，其結果如圖 4.1~圖 4.8 所示。

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件		損傷 評價	對策 區分	健全 性
橋面板		混凝土剝落、破碎、鋼筋外露、鏽蝕 S1-0-0-3-8 破損鏽蝕(8m*2m)	2222	B.C. 01 橋面板	7	上部構造	橋面板	d	M	II

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.1 橋面板目視檢測結果

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件	損傷 評價	對策 區分	健全 性	
主梁		混凝土剝落、鋼筋 外露、鏽蝕 S1-G1-A11 破損鏽 蝕 (8m*1m)	2422	B.C.02 上部結 構	7	上部構 造	主梁	c	A	I
		S1-G2-A11 破損鏽 蝕 (8m*1m)	2422		7			c	A	I

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.2 主梁目視檢測結果(1)

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件	損傷 評價	對策 區分	健全 性	
	 	S1-G3-A11 破損鏽 蝕 (8m*1m)	3433	B.C.02 上部結 構	4	上部構 造		e	C2	III

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.3 主梁目視檢測結果(2)

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件		損傷 評價	對策 區分	健全 性
橫隔梁		S1-1-2, 2-1, 2-3 破損鏽蝕 (3 處)	2111	B. C. 02 上部結構	7	上部構 造	橫梁	d	M	II
橋台		A1 沖蝕(4m*2m)	2411	B. C. 03 下部結構	7	下部構 造	橋台	c	A	I
		A2 沖蝕 (4m*2m)	2411		7			c	A	I

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.4 橫隔梁、橋台目視檢測結果

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件		損傷 評價	對策 區分	健全 性
中隔板		鋼筋外露、鏽蝕 (0.4x0.4x0.05m)	3122	B. C. 03 下部結構	6	下部構 造	中隔板	d	M	II
橋台基礎		隱蔽物無法檢測	-0--		-		橋台基 礎	-	-	-
		無涵洞	N	B. C. 04 涵洞狀 況	N	其他	涵洞	N	N	N
橋護欄		混凝土剝落、破 碎、鋼筋外露、鏽 蝕 S1-0L 破損 (1 處)	2111	B. C. 05 橋梁欄 杆	7	其他	護欄	c	M	II

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.5 中隔板、護欄目視檢測結果

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件	損傷 評價	對策 區分	健全 性	
		無引道橋梁欄杆	-	B. C. 06 引道橋 梁欄杆	N	其他	引道橋 梁欄杆	N	N	N
支承		正常	1---	B. C. 07 橋梁支 承	8	支承		a	A	I
伸縮縫		A1 滲水 (4m)	2422	B. C. 08 伸縮縫	7	其他	伸縮縫	e	M	II
		A2 滲水 (4m)	2422		7			e	M	II

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.6 支承、伸縮縫目視檢測結果

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件	損傷 評價	對策 區分	健全 性	
										
河道		整體-上下游淤積 (20m*5m*1m)	2211	B. C. 09 河道狀 況	7	其他	-	-	-	-
護床工		整體-上下游沖蝕拘 空 (6m*1m*1m)*2	3222	B. C. 10 河道保 護狀況	6		-	-	-	-

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.7 河道、護床工目視檢測結果

構件	劣化照片	劣化說明	臺灣 DERU	美國 SNBI		日本點檢要領				
				部位	檢測值	部位構件	損傷 評價	對策 區分	健全 性	
河道		A1, A2-下游沖蝕 (5m*1m*0.5m)*2	3222	B. C. 11 沖刷狀 況	7	其他	-	-	-	-

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

圖 4.8 河道目視檢測結果

本案例以國內 DERU 目視檢測，最嚴重之構件為主梁 U=3，劣化樣態為混凝土剝落與鋼筋外露鏽蝕，構件評定值為 3433；以美國 SNBI 法檢測，主梁劣化評等為 4；以日本點檢要領規定，主梁劣化評等則為 III。

## 4.2 橋梁整體狀況評估

國內 DERU 目視檢測係以各構件進行檢測，並無橋梁部位或橋梁整體狀況；但以美國檢測方式為例(如表 4-1)，是以 B.C.01~B.C.04 項目中的最低分數做為評估結果，並對應良好、普通、差的狀態(若有非贅餘鋼拉力構件則須將 B.C.14 項納入評估)，本案例評估結果為 4 分，對應為差之狀況；另以日本檢測方式為例(如表 4-2)，上部結構主梁判定為 III，為早期處理階段，橋梁功能可能受損，應及早採取措施。

表 4-1 橋梁結果彙整表(美國檢測方式)

項次	項目	分數
B.C.01	橋面板狀況評等	7
B.C.02	上部結構狀況評等	4
B.C.03	下部結構狀況評等	7
B.C.04	涵洞狀況評等	N
B.C.05	橋梁欄杆狀況評等	7
B.C.06	引道橋梁欄杆狀況評等	N
B.C.07	橋梁支成狀況評等	8
B.C.08	橋梁伸縮縫狀況評等	7
B.C.09	河道狀況評等	7
B.C.10	河道保護狀況評等	6
B.C.11	沖刷狀況評等	7

<b>B.C.12</b>	<b>橋梁狀況分類</b>	<b>P*</b>
<b>B.C.13</b>	<b>最低狀況評等代碼</b>	<b>4*</b>
B.C.14	NSTM 檢驗狀況	-
B.C.15	水下檢查狀況	-

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

表 4-2 橋梁結果彙整表(日本檢測方式)

點檢紀錄				
部位		判定區分	劣化種類	備註(位置等)
上部結構	<b>主梁</b>	<b>III</b>	<b>混凝土剝落、鋼筋外露</b>	<b>S1-1-2,2-1,2-3</b>
	橫隔梁	II	混凝土剝落、鋼筋外露	S1-G3-All
	橋面板	II	混凝土剝落、鋼筋外露	S1-0-0~3-8
下部結構		I	-	-
支承		I	-	-
其他 伸縮縫、橋護欄		II	滲水 混凝土剝落、鋼筋外露	A1、A2 橋台 S1-0L

資料來源:車行橋梁管理資訊系統

本研究自行評估結果。

### 4.3 綜合評估與精進研析

基於本研究成果，本所後於 113 年 3 月 14 日召開「橋梁檢測規範改善方案研商會議」，邀集本部綜合規劃司、路政及道安司、公路局及高公局共同研商，經檢視前述美國及日本橋梁檢測文獻資料，確認我國「公路橋梁檢測及補強規範」檢測類別雖分為定期檢測、特別檢測與詳細檢測 3 類，然 109 年修訂檢測規範已針對特殊性橋梁規定須另訂定維護管理作業計畫辦理檢測作業，即對個別橋梁依其結構特性及現地狀況訂定專屬的檢(監)測項目、執行方式與頻率、判定標準等；此外詳細檢測更細分包含橋梁構件局部破壞檢測、非破壞檢測，以及跨河橋梁所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測等，爰兼顧規範務實性，目前除涵蓋不同類型橋梁外，對特殊性橋梁更細分訂定專屬個別橋梁之檢測作業規定，已完整涵括各類別橋梁在各情境下(定期、特別如地震、颱風等)對應之檢測作為，且執行上亦屬可行。

行政院 109 年 7 月 21 日已頒布「橋梁維護管理作業要點(以下簡稱院頒要點)」，院頒要點除明確區分橋梁維管權責外，並規範橋梁督導、考核、養護三層次之管理機制，確保每座橋梁有單位養護、有機關(構)辦理考核、

有主管機關進行督導。爰後續重點應持續強化橋梁管理作業之落實，期藉由維管作業的落實，使各部會與橋梁管理機關(構)能掌握所管橋梁老劣化狀況，以適時投入經費加以維修、補強及於必要時辦理重建，確保橋梁通行安全。

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

1. 藉由分析美國、日本及臺灣目前橋梁相關規範及規定可知，美國檢測制度類別分類較多，其次為日本，不過「定期檢測」、「特別檢測」及「詳細檢測」在各國檢測類型中均有包括，僅是使用名稱有所不同，此外美國特別將非贅餘鋼拉力構件檢測、水下檢測、沖刷檢測特別獨立出來當做檢測項目，而前述檢測項目已涵蓋「定期檢測」、「詳細檢測」中。
2. 橋梁檢測首重在落實，落實檢測才能確實掌握橋梁狀態，適時維修才得確保行車安全。我國與日本、美國在橋梁定期檢測方法差異不大，都是以目視檢測為主，並以橋梁構件為標的。各國檢測最大差異在於評等的分級，我國與日本評等劣化程度分為4級，但美國分為較細，有10級(0~9)，因此美國雖較為細緻，但在操作上可能因過細而會產生判斷等級困難情況(劣化狀況相近兩等級時)。
3. 此外我國與日本都有針對劣化構件提出對應策略，我國以U值分為4級，包括例行養護(1)、3年內維護或持續追蹤(2)、1年內維護(3)、緊急處置(4)；而日本亦分為4級，包括(I)健全，不急於立即修理、(II)預防維修階段，按照修復計畫在適當的時間進行修復、(III)早期處理階段，橋梁功能可能受損，應及早採取措施、(IV)緊急處理階段，應採取緊急措施；而美國檢測後並無提出後續對應之處理策略。另各國檢測過程中雖均會針對劣化範圍進行量測，但僅我國納入評等，同時分為4級，因此在檢視評等結果時，亦可知道劣化範圍比例，但日本及美國則須於檢測紀錄報告中才能取得資料。
4. DERU 目視檢測評估法具備快速、操作性高等優點，有利現場作業，雖此方法偏重於檢測員個人的主觀評估，但在人員充分訓練下，目前各橋梁管理機關及檢測顧問公司均已相當熟悉，因此可漸漸達到客觀的評估。在有限之人力及經費之下，DERU 目視檢測評估法十分符合我國之需求，並成為全國通用之目視檢測評估法。
5. 我國目前全國車行橋梁大多藉由目視檢測、並以 DERU 值方式對構件劣

化情況進行評等，可以有效篩出為數較少但屬高風險的橋梁，以供進一步詳細檢測。依目前的檢測規定，所有橋梁每兩年均有檢測一次的持續紀錄，在其橋梁生命週期的每一階段均會留下紀錄，且目視檢測 U 值為 3 時須 1 年內維修，U 值為 4 時須緊急處置，檢測完後受損橋梁能適時獲得維修，結構承載能力即可有效恢復，藉由定期檢測、持續維修補強、持續監控，實質上亦屬於全生命週期管理。

## 5.2 建議

1. 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予以分級，按目前規範規定，橋梁定期檢測間隔最長不超過 4 年，因此機關可將部分橋梁之檢測頻率降低；而風險較高之橋梁，檢測頻率則可提升至 1 年檢測一次，甚至半年檢測一次。
2. 美國、日本雖與國內一樣有類似詳細檢測，但並無明確訂定檢測時間或地點，以日本橋梁定期點檢要領為例，在其要領 6.5 節確定詳細調查或追蹤調查的必要性中，提及定期檢查雖使用目視檢查，但可以確定的損壞程度有限，在某些情況下，損害的原因、規模等可能是不明的，如果很難確定是否須按其要領 6.2 節(確定維修的必要性)的規定進行修理，可適時進行詳細調查或追蹤調查；而國內規範也類似規定，定期檢測或特別檢測後，對於橋梁狀態仍有疑慮，可進行詳細檢測，但這也往往造成橋管機關困擾，無明確規定，後續該如何改善可再詳細檢討。
3. 在橋梁整體或部位狀況部分，美國與日本均有以構件評等後，再以橋梁部位呈現狀況，最後以部位最差之前況呈現橋梁整體狀況，而國內 DERU 目視檢測僅以各構件進行檢測，並無橋梁部位或橋梁整體狀況，後續或許可參考美國及日本歸納方式呈現橋梁整體狀況。

## 參考文獻

1. <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbis.cfm>
2. Bridge Inspector's Reference Manual, Federal Highway Administration, 2022
3. Specifications for the National Bridge Inventory, Federal Highway

Administration, 2022

4. <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/inspection/>
5. Bridge Inspector's Reference Manual, Federal Highway Administration, 2012
6. Manual for Bridge Element Inspection, AASHTO, 2019
7. 橋梁定期点檢要領，国土交通省，平成 31 年 3 月
8. 保全点檢要領，東日本高速道路株式会社，令和 5 年 4 月
9. 山梨県橋梁点檢要領，山梨県県土整備部，令和元年 7 月
10. 奈良県道路橋定期点檢要領（案），奈良県，平成 27 年 3 月
11. 高知県道路橋定期点檢要領（案），高知県，令和 2 年 8 月
12. 公路橋梁檢測與補強規範，交通部，民國 107 年
13. 陳永銘，台灣與美國之橋梁檢測系統與制度，臺灣公路工程，Vol. 34 No. 10 Oct. 2008. pp.2-33
14. 研訂交通部頒「公路橋梁之檢測及補強規範」草案暨國道橋梁維護管理策略擬定委託技術服務，高公局，民國 107 年 11 月
15. 橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研，運研所，民國 101 年 4 月