鋼橋塗裝常見缺失及改善與預防(上)

李家順[1]　延允中[1]

[1]交通部公路總局養路組道路工程科工程司

一、前言

鋼橋材料強度高、重量輕，抗震力佳，可採大跨徑設計以減少落墩及增加通洪斷面，加上可塑性佳，可預製及可配合環境需求設計成各種造型，為新建或災害受損橋梁能快速新建或重建原因。近幾年來中央及地方政府大幅採用鋼橋施工，惟台灣高溫潮溼環境、工廠與汽機車排放廢氣及鹽害等腐蝕因子，均在在造成鋼橋塗裝劣化及後續鋼材腐蝕，耗費維管單位塗裝養護費用不訾；惟若能從正確的規劃設計，到施工階段每個過程及環節均能嚴謹管控，如鋼鈑裁切及鋼材銳緣倒角、銲道外觀品管、塗裝系統、鋼材表面處理、塗膜環境、塗層厚度、構件存放、運輸及現場架設等，每個施工環節均不得疏忽，最後於維護階段適時的就劣化程度進行適度塗裝維護，如此融入生命周期管理的觀念，鋼橋方能減緩有效斷面減少以延壽，同時也能大幅降低相關塗裝養護費用。

筆者參予交通部交付本局所辦理對各縣市政府道路橋梁養護考評，並檢視各縣市政府目前鋼橋現況及鋼橋維護工作之辦理情形，因縣府橋梁眾多及考評時程短促，僅就部份鋼橋之表面塗裝現況做檢視，以了解縣府轄內鋼橋過往施工品質與養護作為，並就缺失作初步成因探討及後續改善與預防之建議。

二、鋼橋維護方式及費用比較

在探討縣府鋼橋劣化態樣前，先就本局部分鋼橋塗裝劣化改善方式及費用以表 2-1 及圖 2.1~2.3 說明，以證鋼橋防蝕設計及塗裝施工良窳對養護費用之影響性。

表 2.1 鋼橋塗裝費用分析表

橋名	環境與結構型式及施工方式	費用分析
北部甲橋	本橋為北部近海鋼 I 型橋，橋高約 7 公尺，主要以高空作業車噴砂除銹，兩旁有護網遮蔽噴砂揚塵，本工程除銹方式除使用濕式噴砂外，也可使用高壓水刀，惟除銹程度須符合規定。	1.辦理 6 跨橋改善 250 公尺，近 2,940 萬元。 2.施工單價平均為 900 元/㎡。 3.假設性工程費用佔約 3%，噴砂塗裝佔 94%，其他交安、環保、品管等配合工資約 3%。
北部乙橋	本橋為上路式鋼拱橋，位處北部水庫上游山區，橋長 230 公尺，橋下最大淨高 40 公尺，採懸吊式施工搭架及系統式施工架施工，採密閉式乾式噴砂塗裝，兩側有專用安全防塵網阻隔設施防砂及噴漆飛散，可杜絕水源環境污染。	1.全橋改善近 3,700 萬元。 2.施工單價平均為 3120 元/㎡。 3.假設性工程費用佔約 63%，噴砂塗裝佔 34%，其他交安、環保、品管等配合工資約 3%。
中部丙橋	中部近海鋼箱梁橋，處理範圍橋長 275 公尺，橋高約 12 公尺，懸吊式施工搭架施工，採密閉式乾式噴砂塗裝，兩側有覆網阻隔設施防砂及噴漆飛散。	1.4 跨橋改善近 3,200 萬元。 2.施工單價平均為 2,100 元/㎡。 3.假設性工程費用佔約 36%，噴砂塗裝佔 50%，其他交安、環保、品管等配合工資約 14%
東部丁橋	本橋為 π 型橋，位處東部山區，橋長 80 公尺，橋下最大淨高 30 公尺，上構大梁採高壓水刀處理，下構（含斜撐材）採溼式噴砂配合高壓水刀處理，以高空作業車配合施工。	1.全橋改善近 310 萬元。 2.施工單價平均為 1,210 元/㎡。 3.假設性工程費用佔約 5%，噴砂塗裝佔 80%，其他交安、環保、品管等配合工資約 15%。

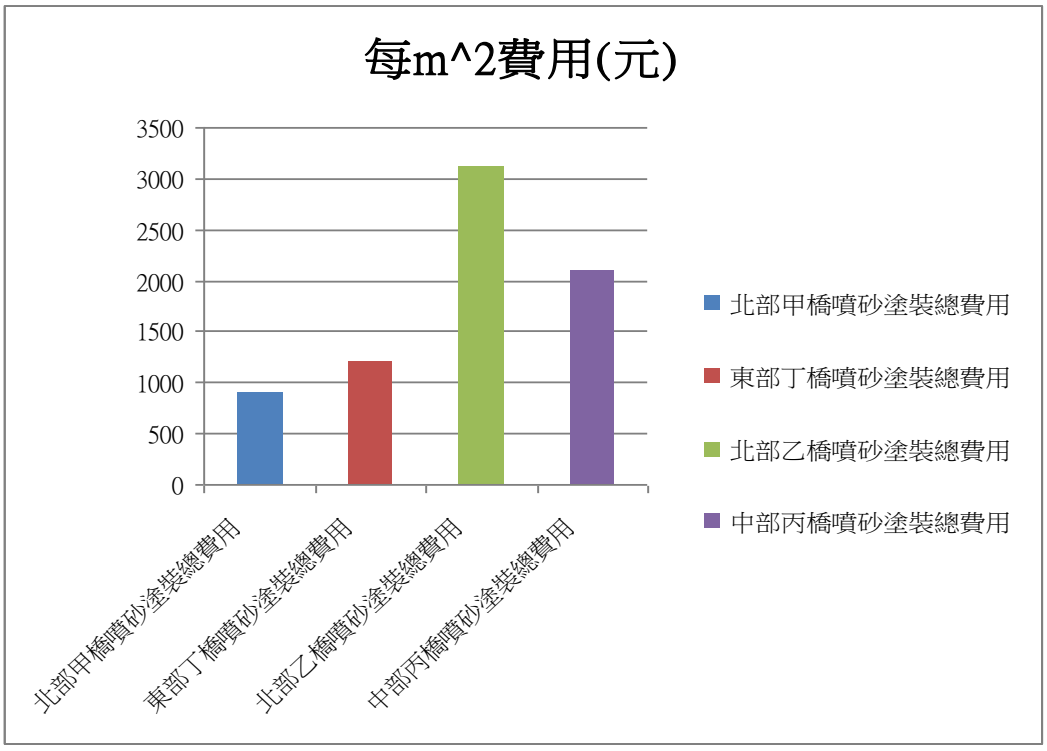

圖 2.1 鋼橋塗裝費用單價分析

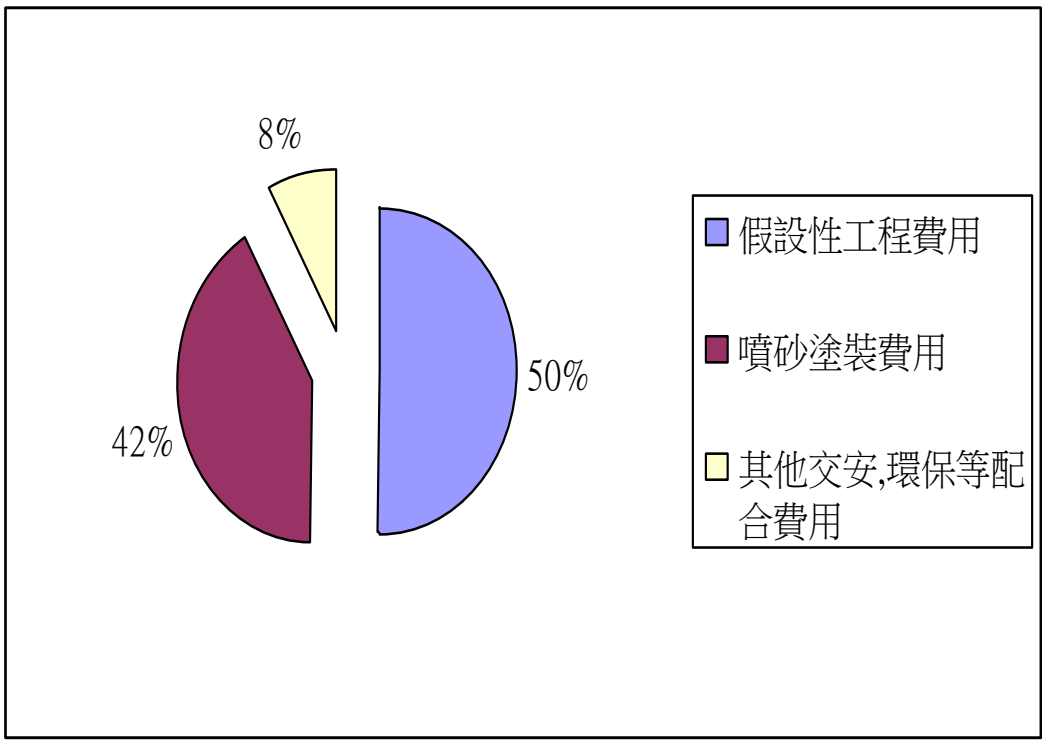

圖 2.2 鋼橋採密閉懸吊式施工搭架塗裝費用分析

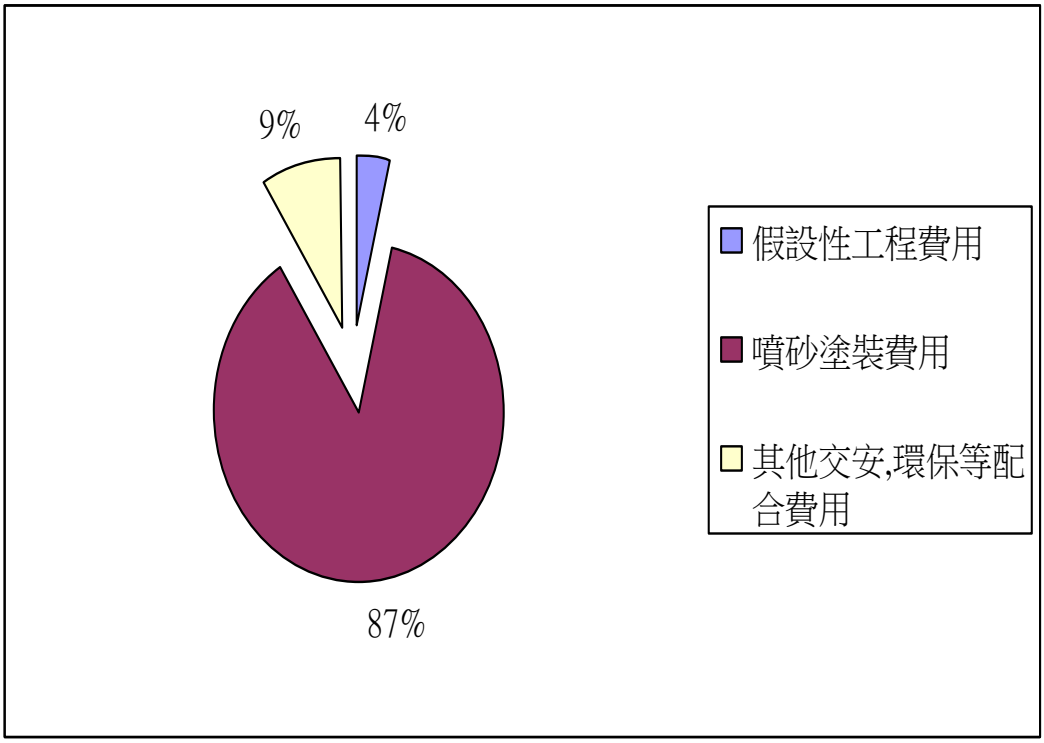

圖 2.3 鋼橋採傳統高空作業車塗裝費用分析

由以上表 2.1 及圖 2.1~圖 2.3 觀之，鋼橋若防蝕設計與後續塗裝相關品管作業未盡理想，則在維護階段將耗費大筆修繕費用，每座橋動輒上千萬元，且因工地施工條件遠遠不及工廠塗裝，重新塗裝品質亦堪虞，在大氣腐蝕不斷持續進行下，養護費用實與日俱增，無法分年分期負擔。

鋼橋近年來在都會區大量採用，考慮環境汙染保護問題，對後續塗裝施工方式及工期造成嚴峻挑戰，因多採密閉式搭架施工，假設性工程費用高，且所佔整體施工費用比例極大；另以上表甲橋與乙橋做一簡單比較，密閉式搭架整體施工費用平均較傳統高空作業車高出 3 倍以上。

三、鋼橋常見腐蝕劣化位置：參考國內外相關鋼橋銹蝕現況，易發生位置分述如下

1.伸縮縫及附近： (圖 3.1、圖 3.2)

圖 3.1

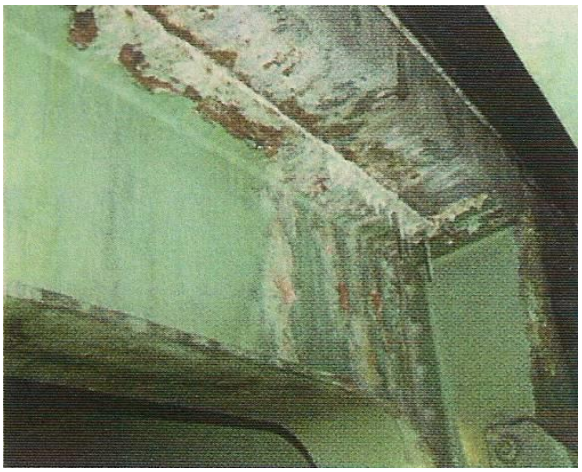

圖 3.2

2.梁端、底部、箱梁內積水： (圖 3.31、圖 3.4)

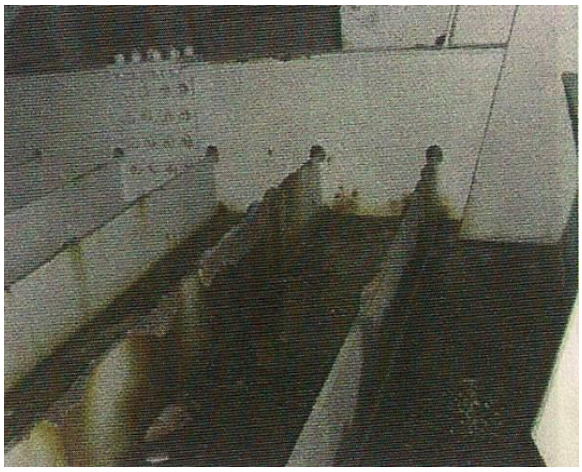

圖 3.3

圖 3.4

3.支承及附近：(圖 3.5、圖 3.6)

圖 3.5

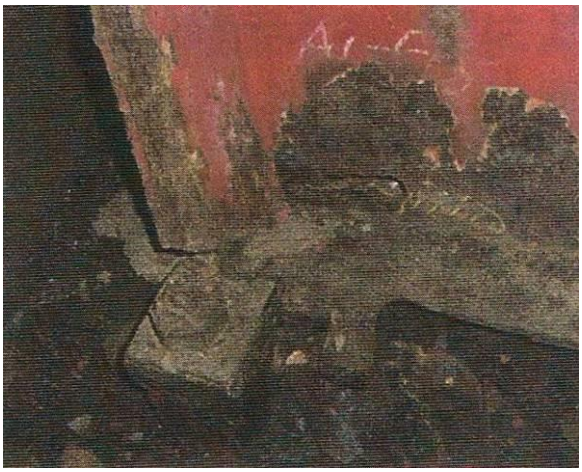

圖 3.6

4.排水管出口附近：(圖 3.7、圖 3.8)

圖 3.7

圖 3.8

5.橋面版漏水處： (圖 3.9、圖 3.10)

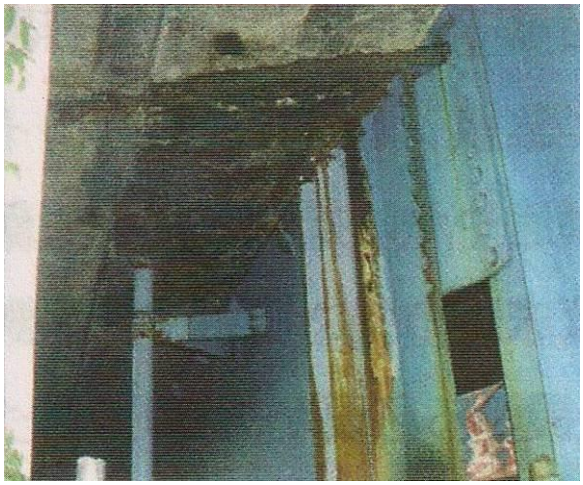

圖 3.9

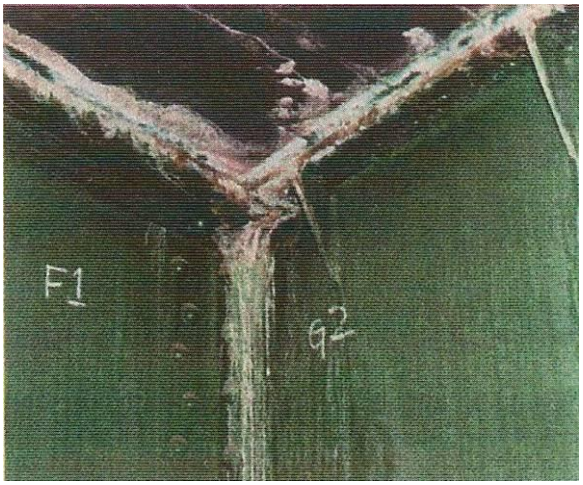

圖 3.10

6.螺栓接合及構件續接處： (圖 3.11、圖 3.12)

圖 3.11

圖 3.12

7. 銲接部及臨時構件切除處：(圖 3.13、圖 3.14)

圖 3.13

圖 3.14

8. 構件之銳角、人孔蓋板：(圖 3.15、圖 3.16)

圖 3.15

圖 3.16

9.外露平板及開口向上之型鋼：(圖 3.17、圖 3.18)

圖 3.17

圖 3.18

10.護欄基座：(圖 3.19、圖 3.20)

圖 3.19

圖 3.20

11.臨海岸、海面過低之橋梁：(圖 3.21、圖 3.22)

圖 3.21

圖 3.22

12. 近有侵蝕性廢氣排放工廠之橋梁：(圖 3.23、圖 3.24)

圖 3.23

圖 3.24

13.其他(施工缺失)：澆注橋面混凝土或運輸及架設過程污損或碰損漆面(圖 3.23、圖 3.24)

圖 3.23

圖 3.24

四、目視縣府鋼橋所見缺失案例及建議改善方式

(一)、**缺失案例：**

1. 橋下設計淨高不足：洪水易滿至橋底鋼梁，或石塊、漂流物撞及鋼梁而損傷，亦或橋下濕氣易造成鋼構面潮濕而腐蝕，如圖 4-1.1、圖 4-1.2。
2. 盤式支承銹蝕，未設有防塵套：依據盤式支承施工規定，活動支承應有密閉防塵罩，以避免灰塵等侵入而影響滑動功能，如圖 4-1.3、圖 4-1.4。
3. 鋼構面污損，未定期清洗：諸多附著物，如青苔、硫化物、鹽、粉塵…等有害物，除影響美觀，亦會對鋼構面長期銹蝕造成一定程度影響。應每年定期以低壓水清洗，致少於冬季(東北季風)結束後儘速辦理，如圖 4-1.5、圖 4-1.6 所示。
4. 橋梁外側懸臂版洩水孔於設計時未適當延伸：水容易順著混凝土面流下，逐步污染鋼構上翼鈑、腹鈑及下翼鈑，長期下來，影響美觀及造成銹蝕，如圖 4-1.7、圖 4-1.8 所示。

5. 翼腹鈑角隅倒角製作問題：因角隅為銳緣或倒角不確實，油漆附著不易致銹至母材嚴重，如圖 4-1.9、圖 4-1.10 所示。
6. 梁底通風不良，所造成均勻銹蝕問題：因日曬風吹不易到達，易有腐蝕因子聚集，如圖 4-1.11、圖 4-1.12 所示。
7. 任意附掛，電位差所造成銹蝕：不同金屬間因電位不同，較活性金屬會犧牲陽極放電銹蝕，不同金屬間應有絕緣設施，如圖 4-1.13、圖 4-1.14 所示。
8. 伸縮縫處洩水不當，造成支承銹蝕：伸縮縫如為角鋼或 GAI-TOP 型式，應注意填縫料是否有掉落或缺損，以免水由橋上流下，除造成橋台座水漬白華，亦會造成盤式支承或鑄鋼支承等易銹蝕，如圖 4-1.15、圖 4-1.16 所示。
9. 接合鈑螺栓未做倒角，未確實先手刷，膜厚不足：扭斷型螺栓銳角未磨，表面未先手刷塗漆而致銹蝕，如圖 4-1.17、圖 4-1.18 所示。
10. 吊耳切除處未確實除銹塗裝：鋼橋吊裝完成後，吊耳切除處未確實除銹塗裝，如圖 4-1.19、圖 4-1.20 所示。
11. 人孔未關閉或孔蓋導水設計不當：水氣及有害物易進入，造成內部銹蝕，如圖 4-1.21、圖 4-1.22 所示。
12. 鋼梁架設或運輸時受損：鋼梁架設地組時，臨時支承與下翼鈑接觸點未設緩衝墊，鋼構件塗膜受損位置提早銹蝕劣化，如圖 4-1.23、圖 4-1.24 所示。
13. 植物附著鋼構面：使鋼構面經常為潮溼狀態，塗膜易劣化致鋼材銹蝕。應定期維護改善，如圖 4-1.25、圖 4-1.26 所示。
14. 鋼構面包覆造型建材，通風不易：裏面水氣不易消散，內部鋼構件所產生之銹蝕無法檢視與維護，對橋梁安全性有疑慮，建議將外覆造型建材移除並辦理全面性塗膜劣化檢測，如圖 4-1.27、圖 4-1.28 所示。

圖 4-1.1

圖 4-1.2

圖 4-1.3

圖 4-1.4

圖 4-1.5

圖 4-1.6

圖 4-1.7

圖 4-1.8

圖 4-1.9

圖 4-1.10

圖 4-1.11

圖 4-1.12

圖 4-1.13

圖 4-1.14

圖 4-1.15

圖 4-1.16

圖 4-1.17

圖 4-1.18

圖 4-1.19

圖 4-1.20

圖 4-1.21

圖 4-1.22

圖 4-1.23

圖 4-1.24

圖 4-1.25

圖 4-1.26

圖 4-1.27

圖 4-1.28

(待續 - 缺失及改善與預防對策)

參考文獻出處:

1.財團法人日本道路協會「鋼道路橋塗裝 • 防蝕便覽」

2.鋼結構橋梁防蝕塗裝技術手冊(中華民國鋼結構協會)

3.公路總局 101 年施工說明書

4.公路總局歷年橋梁維護教育訓練講義

鋼橋塗裝常見缺失及改善與預防(續)

李家順[1]　延允中[1]

[1]交通部公路總局養路組道路工程科工程司

有關鋼橋塗裝常見之缺失案例已於前篇文章作逐一說明,本篇文章主要就前篇文章所揭之缺失作改善方法之建議與後續預防對策。

四、(二)、建議改善方法與預防對策：

1.1 缺失樣態：鋼材(含連接板)邊角銳緣未作截角(又稱倒角)及塗膜厚度不足或塗膜不均致產生銹蝕(圖 4-2.1、圖 4-2.2)。

1.2 改善方法：銹蝕部份表面處理可採局部噴砂至 Sa 2.5 級，塗裝系統底漆為無機鋅粉底漆(或高鋅量有機鋅粉底漆) 1 道 75μm，視所處環境，環氧樹脂中塗漆(2~3 道，每道 60μm 以上),面漆可採 PU 或氟素樹脂系 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm) 。採電動工具表面處理時，除銹度為 ST3，除第一道底漆為手刷有機鋅粉底漆外，其餘各道油漆系統與塗膜厚度同上。1.3 預防措施：

1.3.1 鋼橋於廠內製造時鋼材板邊緣須作 1~2mm 之截角處理，以確保鋼板邊角處之塗膜厚度，若使用無機鋅粉底漆，截角可以 1mm 處理，若使用環氧鋅粉底漆或其他底漆，則截角建議以 2mm 處理。若鋼橋位處腐蝕環境惡劣之重工業區或濱海地區，板邊之圓截角處理(倒角)可加大至 3~4mm(圖 4-2.3、圖 4-2.4)。

1.3.2 塗裝時除第二道面漆，鋼板邊角銳緣先採人工手刷，除工地接頭外(螺栓接合或銲接位置)，所有塗裝均應於工廠內完成。

圖 4-2.1

圖 4-2.2

圖 4-2.3

圖 4-2.4

2.1 缺失樣態：螺栓銳緣塗膜厚度不足產生銹蝕(圖 4-2.5、圖 4-2.6)。

2.2 改善方法：銹蝕部份表面處理採電動工具，除銹度為 ST3，塗裝系統為有機高鋅量鋅粉底漆 1 道 75μm，環氧樹脂中塗漆 3 道=3×60μm，氟素樹脂面漆 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm) ，除最後一道面漆外，各道之塗膜均須採人工手刷。

2.3 預防措施：

2.3.1 箱形構件且內部有螺栓旋緊空間時，螺栓插入方向均應朝內，非箱形構件時(板梁或型鋼)，外梁腹板螺栓應朝內梁方向，下翼板螺栓朝下，以避免螺帽及螺牙縫外露。

2.3.2 螺栓以溶劑除油或電動鋼刷除銹後，塗裝方式除最後一道面漆外均須採人工塗刷(圖 4-2.7、圖 4-2.8)。

2.3.3 外露 T.C.B 螺栓鎖斷後尾端之銳緣，可採研磨方式除去銳緣(圖 4-2.9)。

2.3.4 六角之螺栓頭邊角易產生塗膜不均，惡劣之環境可採圓頭螺栓改善。

圖 4-2.5

圖 4-2.6

圖 4-2.7

圖 4-2.8

圖 4-2.9

3.1 缺失樣態：構件與構件或構件與連接板間之縫隙所產生之間隙腐蝕(圖 4-2.10、圖 4-2.11)。

3.2 改善方法：銹蝕部份表面處理採電動工具，除銹度為 ST3，塗裝系統為有機高鋅量鋅粉底漆 1 道 75μm，環氧樹脂中塗漆 3 道=3×60μm，氟素樹脂面漆 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm) ，除最後一道面漆外，各道之塗膜均須採人工手刷。構件間之縫隙可以止水材料填縫阻絕水份滲入，構件與連接板產生之間隙於手工塗刷中塗漆及面漆時，可將縫隙填滿。

3.3 預防措施：

3.3.1 構件外露之端部截面，塗裝系統應同外露面，且於廠內製造時先完成塗裝，連接板外露之端部增加塗膜厚度。

3.3.2 螺栓接合之各鋼板間應要充分平整與密接，以避免鋼板間有縫隙。箱梁下翼連接板邊緣設置止水填充材，並於前方設置排水孔(圖 4-2.12、圖 4-2.13)。

3.3.3 構件之間隙以止水材料填縫阻絕水份滲入，構件與連接板產生之間隙於手工塗刷中塗漆及面漆時，將間隙填滿細縫。

圖 4-2.10

圖 4-2.11

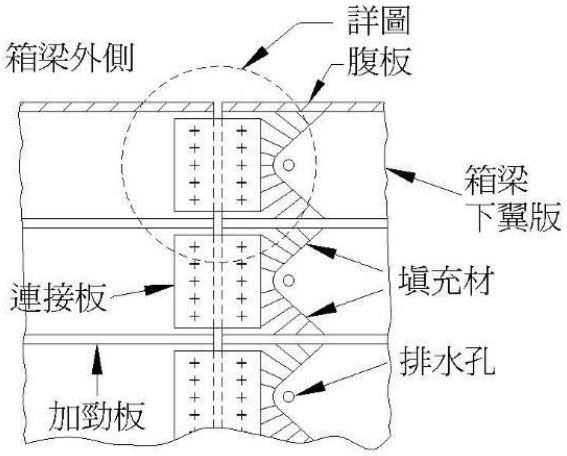

圖 4-2.12

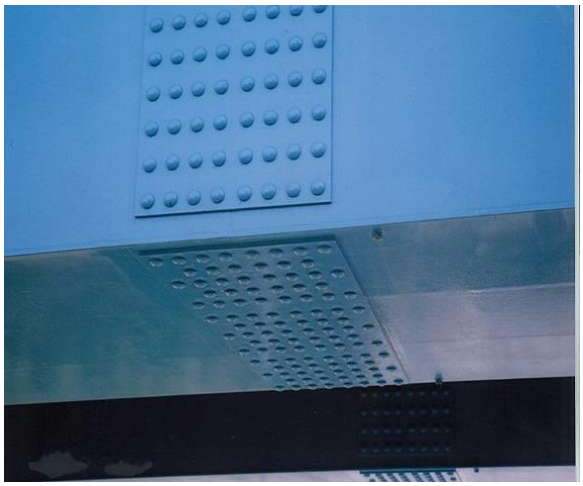

圖 4-2.13

4.1 缺失樣態：構件銲接處，特別是現場銲接位置，因採用手工電銲(立銲)，銲道外觀較不平整，及周邊塗膜因銲接高溫劣化，銲道與塗膜劣化處未依規定表面處理及補漆(圖 4-2.14、圖 4-2.15)。

4.2 改善方法：銹蝕部份表面處理採電動工具，除銹度為 ST3，不平整之銲道須磨順，塗裝系統為有機高鋅量鋅粉底漆 1 道 75μm，環氧樹脂中塗漆 3 道=3×60μm，氟素樹脂面漆 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm) ，除最後一道面漆外，各道之塗膜均須採人工手刷。

4.3 預防措施：

4.3.1 廠內或現場銲接之銲道外觀應符合銲道目視檢查規定，工地之銲接為達到平順之銲道外觀，應採半自動包藥銲接方法，銲工應具全姿勢銲接資格，銲接

時應有防風設備。

4.3.2 構件噴砂後銲道位置除最後一道面漆外，均應採人工手刷才能達到均勻之膜厚(圖 4-2.16)。

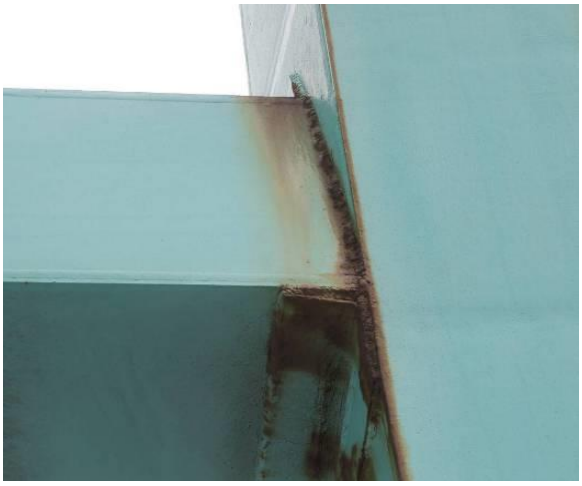

圖 4-2.14

圖 4-2.15

圖 4-2.16

5.1 缺失樣態：鋼橋梁底距水面或地面高度不足，水氣易聚集於下翼板及附近，致鋼梁銹蝕嚴重(圖 4-2.17)。

5.2 改善方法：鋼橋應全面噴砂至 Sa 2.5 級，塗裝系統為無機鋅粉底漆(或高鋅量有機鋅粉底漆)1 道 75μm，視所處環境，環氧樹脂中塗漆(2~3 道，每道 60μm 以上)，面漆可採 PU 或氟素樹脂系 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm) 。對於雨水或水氣易

滯留、附著之鋼梁下翼板底面與外側腹板下緣部份 10cm 範圍增加一道 60μm 中塗漆，螺栓、連接板及構件端部除最後一道面漆外，均應採手刷。

5.3 預防措施：

5.3.1 對於雨水易滯留、附著之部位，例如鋼梁下翼板底面與外側腹板下緣部份可增加塗膜厚度，以及易受積水滯留或漏水影響之梁端鋼材(例如梁端長度在 1 至 2 倍之梁深範圍)，應較其他部位增加塗層厚度(圖 4-2.18)。

5.3.2 若無法提高橋梁橋下高度，橋梁型式儘可能採取箱型斷面，需採板梁橋時，防蝕方法可採鍍鋅，若考慮景觀需求，可於外梁增加一道合金漆與面漆(圖 4-2.19)。

圖 4-2.17

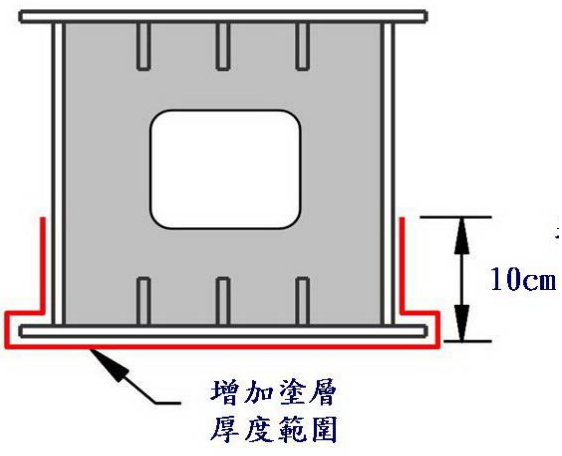

圖 4-2.18

圖 4-2.19

6.1 缺失樣態：採用易積水之結構斷面(如型鋼)，致構件嚴重鏽蝕(圖 4-2.20、圖 4-2.21)。

6.2 改善方法：銹蝕程度尚不影響使用功能者，可採局部噴砂至 Sa 2.5 級，塗裝系統為無機鋅粉底漆(或高鋅量有機鋅粉底漆)1 道 75μm，環氧樹脂中塗漆 3 道=3×60μm，氟素樹脂面漆 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm)。銹蝕嚴重已影響使用功能者，應將桿件補強及增設排水孔或更換為不易積存水分之斷面。

6.3 預防措施：

6.3.1 構材斷面上方翼緣應避免有朝上開口之情形，以防止造成蓄水、塵泥飛落積存之可能(圖 4-2.22)。

6.3.2 注意構材中各鋼板之角度方向，例如：採傾斜設置之水平 I 型斷面，其豎向加勁材底部與腹板與下翼板間會形成積水，應設排水孔。構材斷面在兼顧力學強度之情況下，開口方向應儘量朝下。

圖 4-2.20

圖 4-2.21

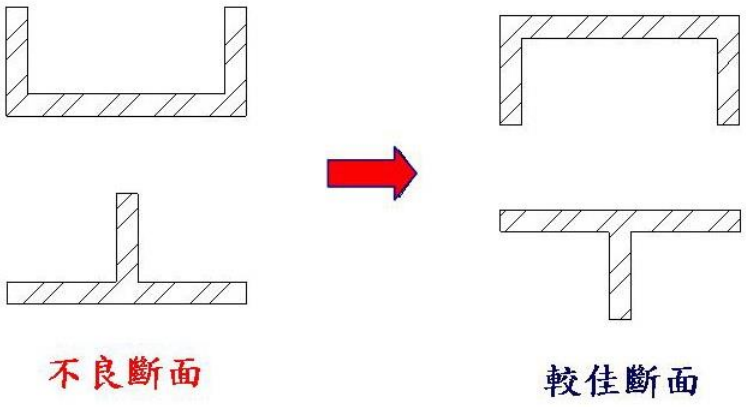

圖 4-2.22

7.1 缺失樣態：均勻大氣腐蝕，部分構件已銹蝕嚴重恐影響使用功能(圖 4-2.23、圖 4-2.24)。

7.2 改善方法：應先評估該橋梁主結構銹蝕程度是否影響結構安全，若是，應拆除改建或桿件補強更換。暫不影響使用功能者，考量當地腐蝕環境惡，後續之防蝕改善方式應採重度防蝕系統，採噴砂至 Sa 2.5 級，塗裝系統為無機鋅粉底漆(或高鋅量有機鋅粉底漆)1 道 75μm，環氧樹脂中塗漆 3 道=3×60μm，氟素樹脂面漆 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm)。養護期間鋼橋應定期以高壓水清洗附著或積存之鹽分、粉塵或污物。

7.3 預防措施：

7.3.1 設計階段應先調查該地區腐蝕環境，採用適當之防蝕系統。

7.3.2 橋梁型式採封閉之箱型斷面，並將橋梁高度提高，減少橋梁下方長期水氣附著。

7.3.3 養護期間鋼橋應定期以高壓水清洗附著或積存之鹽分、粉塵或污物(圖 4-2.25、圖 4-2.26)。

圖 4-2.23

圖 4-2.24

圖 4-2.25

圖 4-2.26

8.1 缺失樣態：鋼梁架設用之吊耳或臨時加勁材，切除後未確實作防蝕處理，該處銹蝕嚴重(圖 4-2.27、圖 4-2.28)。

8.2 改善方法：銹蝕部份表面處理採電動工具研磨，使之平順圓滑。除銹度為 ST3，塗裝系統為有機高鋅量鋅粉底漆 1 道 75μm，環氧樹脂中塗漆 3 道=3×60μm，氟素樹脂面漆 55μm(第 1 道 30μm、第 2 道 25μm) ，除最後一道面漆外，各道之塗膜均須採人工手刷。

8.3 預防措施：

8.3.1 鋼梁架設完成後，吊耳切除方式應採對原有塗膜損傷最小之方式，吊耳採氧氣乙炔切割時，切斷位置不得損及構件表面，可預留距母材面 3~5mm 高度後採電動砂輪機磨平(圖 4-2.29、圖 4-2.30)。

8.3.2 吊耳切除後表面及周邊受損劣化之塗膜，經研磨後依設計塗裝系統與塗裝間隔時間，從有機鋅粉底漆開始，逐道補漆。

圖 4-2.27

圖 4-2.28

圖 4-2.29

圖 4-2.30

9.1 缺失樣態：橋面洩水孔未設排水管或排水管延伸長度不足，或水平管三通接頭漏水，致橋面雨水或污水噴濺至鋼梁腹鈑及下翼鈑，影響美觀及造成銹蝕。(圖 4-2.30、圖 4-2.31)

9.2 改善方法：安裝洩水管或延伸洩水管長度，洩水管排水口長度應延伸過下翼板 60cm 以上。受污染之鋼構面以低壓水沖洗，有塗膜劣化或鋼構件銹蝕部分，依規定除銹及補漆。

9.3 預防措施：

9.3.1 橋面積水及污水往往是造成橋梁腐蝕之潛在威脅，應迅速將橋面積水排除至橋梁構造以外之排水系統，以避免濕氣聚積或雨水接觸至橋梁各部位之鋼材。

9.3.2 過河橋之橋下排水孔位置應避免與構材接頭、螺栓接合、隔梁位置等易產生局部腐蝕之構造設在同一斷面處，並應錯開適當距離。

9.3.3 過河橋之橋面下方排水管長度與排水孔之設置方式與位置，應避免造成所排放之雨水再噴附至鋼梁上，排水管延伸過鋼梁下翼板長度視風向與風速而定，一般為 60~100cm。(圖 4-2.32、圖 4-2.33)

圖 4-2.30

圖 4-2.31

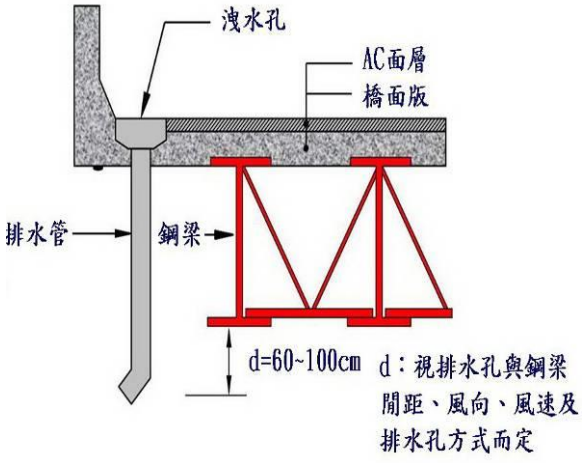

圖 4-2.32

圖 4-2.33

10.1 缺失樣態：橋台處支承高度或梁底高度不足，通風不良易積存水氣，若位於濱海地區，更易積聚氯化物，造成構件銹蝕(圖 4-2.34、圖 4-2.35)。

10.2 改善方法：改善梁底通風條件，劣化之塗膜與銹蝕之構件，依規定除銹及補漆外，補漆時應增加梁底處中塗漆厚度，橋梁定期做高壓水清洗維護。銹蝕之支承除銹補漆後，需增設防塵罩以防腐蝕因子入侵。

10.3 預防措施：

10.3.1 設計時盡量提高梁底高度或加高支承，對於水氣或有害因子易聚集、附著之部位，例如鋼梁下翼板底面與外側腹板下緣部份及支承可增加塗膜厚度。

10.3.2 若無法提高橋梁橋下高度，橋梁型式儘可能採取箱型斷面，需採板梁橋時，防蝕方法可採鍍鋅，若考慮景觀需求，可於外梁搭配塗裝。

10.3.3 支承安裝後應安裝防塵罩，並定期配合橋梁高壓水清洗時打開維護(圖 4-2.36、圖 4-2.37)。

圖 4-2.34

圖 4-2.35

圖 4-2.36

圖 4-2.37

11.1 缺失樣態：人孔未關閉或人孔蓋開啟及導水設計不當致水氣及有害物易進入，造成人孔附近及內部銹蝕(圖 4-2.38、圖 4-2.39)。

11.2 改善方法：於人孔周邊外側增設銲接截水環，並於截水環上方設外掀式蓋板，讓雨水無法滲入人孔。

11.3 預防措施：

11.3.1 鋼梁人孔開設位置以設於鋼梁伸縮縫端之隔板為原則，若因鋼梁斷面過小無法於隔板設置時，可設於距橋台或橋墩處之下翼板，人孔蓋開啟方式採內掀式。

11.3.2 若因其他因素人孔無法設於上述位置而須設於上翼板或腹板時，除應考量對結構影響外，人孔開啟方式應採外掀式 (圖 4-2.40、圖 4-2.41、圖 4-2.42)。

圖 4-2.38

圖 4-2.39

圖 4-2.40

圖 4-2.41

圖 4-2.42

12.1 缺失樣態：鋼梁塗裝後於運輸及地組過程，因碰撞或支撐方式不當磨損塗膜，且未依規定修補漆膜致鋼構件產生銹蝕(圖 4-2.43、圖 4-2.44)。

12.2 改善方法：銹蝕部份表面處理採電動工具，除銹度為 ST3，塗裝系統第一道漆為有機高鋅量鋅粉底漆 1 道 75μm，除最後一道面漆外，中塗漆及面漆依規定分道以人工塗刷。

12.3 預防措施：

12.3.1 鋼梁於鋼構廠完成塗裝後，所有吊運、存放、安裝與支撐應採不損及塗膜施工方式，支撐與構件間採非鋼質材料墊放，例橡膠墊、鐵氟龍材料(圖 4.45、圖 4.46)。

12.3.2 若因不慎損傷塗膜，應依受損塗膜層別，經表面研磨後依設計塗裝系統與塗裝間隔時間，逐道補漆。

12.3.3 受損程度若已達鋼材，修補之第一道底漆應為有機鋅粉底漆，所有修補與檢查工作應於鋼梁架設前完成。

圖 4-2.43

圖 4-2.44

圖 4-2.45

圖 4-2.46

13.1 缺失樣態：鋼構件任意附掛，因不同金屬間電位差所造成銹蝕，較活性金屬會犧牲陽極流失電子產生銹蝕(圖 4-2.47)。

13.2 改善方法：產生銹蝕的部位經人工除銹後，除銹度為 ST3，可採高膜厚之 PU 塗料，產生高電阻方式阻絕，或是更換與鋼橋同化學成分之鋼料。

13.3 預防措施：

13.3.1 鋼橋若須於鋼材上方直接設置欄杆、防震拉桿、管線架、電桿基座等金屬設施時，應避免因不同金屬電化學之電位差，而產生加凡尼腐蝕。

13.3.2 相連之金屬設施可採用與鋼橋相同化學組成之鋼料外，亦可採用可避免不同金屬會直接接觸之設置方式，如塗裝或不導電材料隔開(圖 4-2.48)。

圖 4-2-47

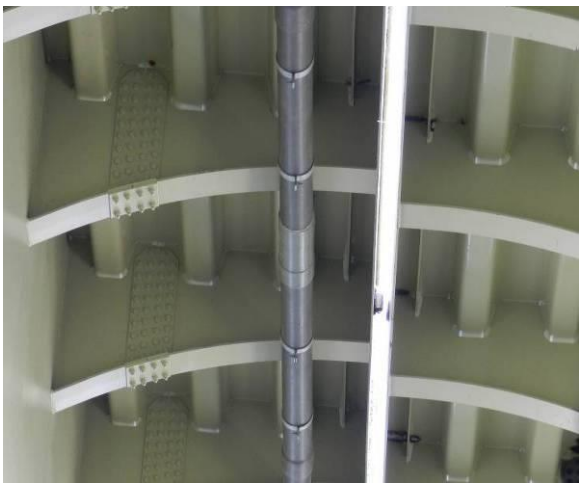

圖 4-2.48

14.1 缺失樣態：伸縮縫處洩水不當、導水不良，造成支承及附近積土、積水致支承銹蝕(圖 4-2.49、圖 4-2.50)。

14.2 改善方法:伸縮縫如為角鋼或 GAI-TOP 型式,注意填縫料是否有擠出掉落或缺損,定期巡查並於夏季結束冬季來臨前填補彈性填充材

14.3 預防措施：

14.3.1 伸縮縫應具有合適的排水設施，可採用排水導溝方式，以避免雨水會自伸縮縫滲流到鋼梁；另可採用設置有可撓性阻水材料之伸縮縫；此外為防止塵泥堆積，亦可在伸縮縫下方，先配合阻水構造設置彈性填充材，使適度防止雨水、塵泥進入，再以阻水材料、排水管等多道防線方式，充分防範雨水滲入(圖 4-2.51、圖 4-2.52)。

14.3.2 橋梁日常檢查養護時須隨時注意伸縮縫之排水功能，並要定期清掃。

圖 4-2.49

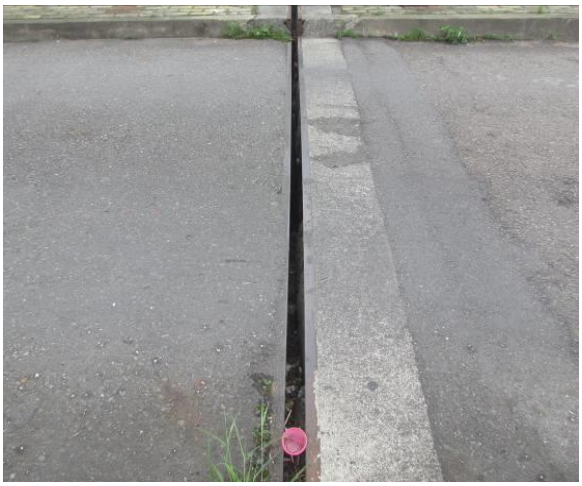

圖 4-2.50

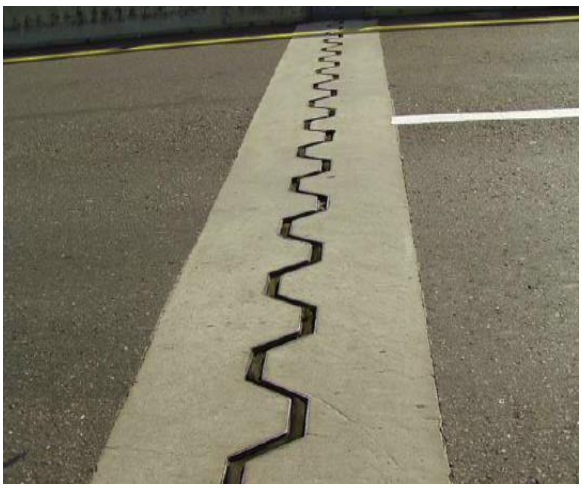

圖 4-2.51

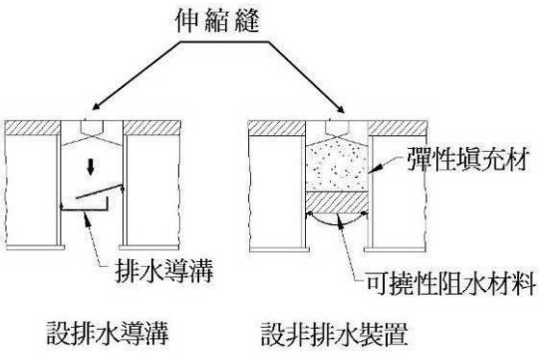

圖 4-2.52

(三) 前揭構件銹蝕改善方式其表面處理採全面或局部噴砂除銹至 Sa-2.5 級時，若考量現場侷限空間噴砂之成效可能較差(鋼材表面粗糙度較不易達到規定)，建議可採低溶劑高鋅量之有機鋅粉底漆取代無機鋅粉底漆。

五、結論與建議:

一、結論：

（一）橋梁劣化與腐蝕防治是一項全程性之工作，從規劃、設計、施工到維護管理均須注意，鋼橋於規劃與設計階段，不論是路線選擇、橋梁位置、橋梁高度、橋梁型式、使用材料、構材斷面、構造細部、構件結合方式、附屬設施、橋梁施工問題等於規劃設計階段即應充分考量施工及長期維護之可行性，例部份縣市政府常為展現任內作為，大量建造一些造型特殊及搭配夜間景觀照明之鋼拱橋、吊橋或斜張橋，但因未對環境因子、施工廠商施工水準及日後維護能力之評估，致完工不久橋梁便嚴重鏽蝕，因其特殊造型，增加維護之困難度。

（二）目前中央及各縣市政府財政困難，而需維護之鋼橋卻與日俱增，在交通維持與環保意識抬頭下，鋼橋維護重新塗裝之經費其假設工程佔極大比例，若位於都會區之鋼橋塗裝所配合之交通改道與繞道亦增無形之社會成本，而目前

橋梁檢查人員與維護經費極度欠缺下，不完善的設計與不良的施工，如先天體質不良將註定一輩子宿疾纏身，爰提升規劃設計能力及廠商施工品質，讓鋼橋完工後減少維護頻率或免維護為目前最重要課題之一。

二、建議：

（一）若橋管單位缺乏特殊橋梁維護經驗，於濱海或臨海地區新建之橋梁結構型式以採混凝土橋梁為主，若需採鋼橋，應考量附近腐蝕環境分類，適時的增加鋼橋塗裝膜厚並採易維護之結構型式；另設計廠商於設計階段應提出完工後之維護手冊，供後續維護人員據以辦理。

（二）落實橋梁管理維護機制，提升橋檢人員專業素養，若須委外辦理評估檢測工作，應選擇專業之廠商及對廠商橋檢工作及成果有查核及查證能力。

（三）由目前橋梁維護階段所發現之橋梁劣化與腐蝕原因，鋼橋單靠維護階段，無法徹底改善延壽，應回歸生命週期地確實管理，方能減少後續的維護修繕及費用，其中全生命週期地教育訓練應重視持續推廣；檢視鋼橋缺失，部分為設計未考慮周詳及營運階段使用不當所造成之缺失外，90%以上所述缺失均係為施工階段所造成，新建橋梁為避免產生前述相關缺失，當務之急，對於提升廠商施工水準及現場監造工程師之施工實務專業訓練更應重視。

（四）鋼橋塗裝改善不應動輒思維全橋噴砂塗裝，應於養護過程思考防微杜漸，適時採局部塗裝。

（五）目前各級政府養護費用拮据，維護管理單位應定期對鋼構面水洗及高壓空氣吹乾，以減少有害物附著，對於橋梁美觀及延長塗膜壽命有很大助益。

參考文獻出處:

1.財團法人日本道路協會「鋼道路橋塗裝 • 防蝕便覽」

2.鋼結構橋梁防蝕塗裝技術手冊(中華民國鋼結構協會)

3.公路總局 101 年施工說明書

4.公路總局歷年橋梁維護教育訓練講義