

# 人行天橋檢測與維修及補強規範



內政部頒布

中華民國 110 年 9 月

# 人行天橋檢測與維修及補強規範

## 目錄

第一章 總則 .....	1
1.1 一般說明 .....	1
1.2 法源依據 .....	1
1.3 適用範圍 .....	1
第二章 檢測一般規定 .....	2
2.1 一般說明 .....	2
2.2 檢測類別 .....	2
2.3 檢測頻率 .....	2
2.4 檢測內容 .....	2
2.5 檢測準備作業 .....	3
第三章 定期檢測 .....	4
3.1 一般說明 .....	4
3.2 檢測方式 .....	4
3.3 劣化評等 .....	4
3.3.1 人行天橋結構物劣化程度評等(D) .....	4
3.3.1.1 混凝土結構物 .....	4
3.3.1.2 鋼結構物 .....	4
3.3.1.3 玻璃與木作材質橋面板或護欄 .....	4
3.3.1.4 支承裝置及防落設施 .....	4
3.3.1.5 伸縮縫 .....	5
3.3.1.6 河道變遷、引道路堤與基礎沖刷及橋基保護設施 .....	5
3.3.1.7 排水設施 .....	5
3.3.1.8 照明設施 .....	5
3.3.1.9 雨遮 .....	5
3.3.1.10 路面 .....	5
3.3.1.11 特殊性人行天橋結構物 .....	5
3.3.2 人行天橋結構物劣化範圍評等(E) .....	5
3.3.3 人行天橋結構使用性及人車安全性影響評等(R) .....	5
3.3.4 處置急迫性評等(U) .....	5
第四章 特別檢測 .....	6
4.1 一般說明 .....	6
4.2 地震後特別檢測 .....	6

4.3	土石流災後特別檢測.....	6
4.4	水災後特別檢測.....	6
4.5	火災後特別檢測.....	6
4.6	其他重大事故後之特別檢測.....	6
<b>第五章</b>	<b>詳細檢測.....</b>	<b>7</b>
5.1	一般說明.....	7
5.2	構件局部破壞檢測作業.....	7
5.2.1	混凝土鑽心取樣與試驗.....	7
5.2.2	鋼構件切割與試驗.....	7
5.2.3	火害後檢測.....	7
5.3	非破壞檢測作業.....	7
5.4	跨河人行天橋所在河道狀況或基礎沖刷之檢測.....	8
<b>第六章</b>	<b>結構安全評估.....</b>	<b>9</b>
6.1	一般說明.....	9
6.2	初步評估.....	9
6.3	詳細評估.....	9
6.3.1	承載能力詳細評估.....	9
6.3.1.1	分析計算評估法.....	9
6.3.1.2	靜態載重試驗.....	10
6.3.2	耐震能力詳細評估.....	10
6.3.3	耐洪能力詳細評估.....	10
6.3.4	疲勞安全詳細評估.....	10
<b>第七章</b>	<b>維修與補強.....</b>	<b>11</b>
7.1	一般說明.....	11
7.2	緊急處置.....	11
7.3	維修與補強原則.....	11
7.4	混凝土構件維修.....	11
7.5	鋼構件維修.....	11
7.6	鋼構件防蝕系統維修.....	12
7.6.1	塗裝劣化維修.....	12
7.6.2	熱浸鍍鋅劣化維修.....	12
7.6.3	金屬鎔射劣化維修.....	12
7.7	玻璃與木作材質橋面板或護欄維修與置換.....	12
7.8	支承維修與置換.....	12
7.9	伸縮縫維修與置換.....	12
7.10	結構補強.....	12

# 人行天橋檢測與維修及補強規範解說

## 目錄

第一章 總則 .....	C-1
C1.1 一般說明 .....	C-1
C1.2 法源依據 .....	C-1
C1.3 適用範圍 .....	C-2
第二章 檢測一般規定 .....	C-3
C2.1 一般說明 .....	C-3
C2.2 檢測類別 .....	C-3
C2.3 檢測頻率 .....	C-3
C2.4 檢測內容 .....	C-4
C2.5 檢測準備作業 .....	C-4
第三章 定期檢測 .....	C-7
C3.1 一般說明 .....	C-7
C3.2 檢測方式 .....	C-7
C3.3 劣化評等 .....	C-7
C3.3.1 人行天橋結構物劣化程度評等(D) .....	C-7
C3.3.1.1 混凝土結構物 .....	C-8
C3.3.1.2 鋼結構物 .....	C-9
C3.3.1.3 玻璃與木作材質橋面板或護欄 .....	C-10
C3.3.1.4 支承裝置及防落設施 .....	C-10
C3.3.1.5 伸縮縫 .....	C-10
C3.3.1.6 河道變遷、引道路堤與基礎沖刷及基礎保護措施 .....	C-10
C3.3.1.7 排水設施 .....	C-11
C3.3.1.8 照明設施 .....	C-11
C3.3.1.9 雨遮 .....	C-11
C3.3.1.10 路面 .....	C-12
C3.3.1.11 特殊性人行天橋結構物 .....	C-12
C3.3.2 人行天橋結構物劣化範圍評等(E) .....	C-13
C3.3.3 人行天橋結構使用性及用路人安全性影響評等(R) .....	C-13
C3.3.4 處置急迫性評等(U) .....	C-13
第四章 特別檢測 .....	C-14
C4.1 一般說明 .....	C-14
C4.2 地震後特別檢測 .....	C-14

C4.3	土石流災後特別檢測.....	C-14
C4.4	水災後特別檢測.....	C-15
C4.5	火災後特別檢測.....	C-15
C4.6	其他重大事故後之特別檢測.....	C-15
<b>第五章</b>	<b>詳細檢測.....</b>	<b>C-16</b>
C5.1	一般說明.....	C-16
C5.2	構件局部破壞檢測作業.....	C-17
C5.2.1	混凝土鑽心取樣與試驗.....	C-17
C5.2.2	鋼構件切割與試驗.....	C-18
C5.2.3	火害後檢測.....	C-19
C5.3	非破壞檢測作業.....	C-19
C5.4	跨河人行天橋所在河道狀況或基礎沖刷之檢測.....	C-22
<b>第六章</b>	<b>結構安全評估.....</b>	<b>C-25</b>
C6.1	一般說明.....	C-25
C6.2	初步評估.....	C-25
C6.3	詳細評估.....	C-25
C6.3.1	承載能力詳細評估.....	C-26
C6.3.1.1	分析計算評估法.....	C-26
C6.3.1.2	靜態載重試驗.....	C-26
C6.3.2	耐震能力詳細評估.....	C-27
C6.3.3	耐洪能力詳細評估.....	C-28
C6.3.4	疲勞安全詳細評估.....	C-28
<b>第七章</b>	<b>維修與補強.....</b>	<b>C-29</b>
C7.1	一般說明.....	C-29
C7.2	緊急處置.....	C-29
C7.3	維修與補強原則.....	C-29
C7.4	混凝土構件維修.....	C-30
C7.5	鋼構件維修.....	C-32
C7.6	鋼構件防蝕系統維修.....	C-33
C7.6.1	塗裝劣化維修.....	C-33
C7.6.2	熱浸鍍鋅劣化維修.....	C-33
C7.6.3	金屬熔射劣化維修.....	C-34
C7.7	玻璃與木作材質橋面板或護欄維修與置換.....	C-34
C7.8	支承維修與置換.....	C-34
C7.9	伸縮縫維修與置換.....	C-36
C7.10	結構補強.....	C-36

## 解說表目錄

表 C3.2.1 間接目視檢測對策 .....	C-38
表 C3.3.1 橋梁定期檢測評等準則 .....	C-39
表 C3.3.2 主構件(主梁)/橫桿劣化評等(RC).....	C-39
表 C3.3.3 主構件(主梁)劣化評等(PC) .....	C-40
表 C3.3.4 副構件(橫隔梁)劣化評等(RC).....	C-40
表 C3.3.5 橋台劣化評等 .....	C-41
表 C3.3.6 橋台基礎劣化評等 .....	C-41
表 C3.3.7 翼牆/擋土牆劣化評等 .....	C-42
表 C3.3.8 橋墩/帽梁/立柱劣化評等(RC).....	C-42
表 C3.3.9 橋墩/帽梁劣化評等(PC).....	C-43
表 C3.3.10 橋墩基礎劣化評等 .....	C-43
表 C3.3.11 橋面板劣化評等(RC).....	C-44
表 C3.3.12 引道路堤保護措施劣化評等 .....	C-44
表 C3.3.13 護欄劣化評等(RC) .....	C-45
表 C3.3.14 主構件(主梁)/橫桿劣化評等(鋼結構).....	C-46
表 C3.3.15 副構件(橫隔梁)/斜撐劣化評等(鋼結構).....	C-47
表 C3.3.16 橋墩/帽梁/立柱劣化評等(鋼結構).....	C-48
表 C3.3.17 橋面板劣化評等(木材).....	C-49
表 C3.3.18 護欄劣化評等(木材).....	C-49
表 C3.3.19 橋面板劣化評等(玻璃).....	C-49
表 C3.3.20 護欄劣化評等(玻璃).....	C-49

表 C3.3.21 支承/支承墊/阻尼裝置劣化評等 .....	C-50
表 C3.3.22 防落設施劣化評等 .....	C-51
表 C3.3.23 伸縮縫劣化評等 .....	C-52
表 C3.3.24 引道路堤劣化評等 .....	C-53
表 C3.3.25 河道劣化評等 .....	C-53
表 C3.3.26 橋墩/橋基保護設施劣化評等 .....	C-54
表 C3.3.27 橋梁排水設施劣化評等 .....	C-54
表 C3.3.28 橋梁照明設施劣化評等 .....	C-54
表 C3.3.29 雨遮劣化評等 .....	C-55
表 C3.3.30 路面劣化評等 .....	C-55
表 C3.3.31 橋塔劣化評等(RC) .....	C-55
表 C3.3.32 橋塔劣化評等(PC).....	C-56
表 C3.3.33 橋塔劣化評等(鋼結構).....	C-56
表 C3.3.34 鋼纜錨碇裝置劣化評等 .....	C-57
表 C3.3.35 鋼纜保護套管劣化評等 .....	C-57
表 C3.3.36 鋼纜(吊索)裝置劣化評等.....	C-57
表 C3.3.37 拱肋(拱圈)劣化評等(RC).....	C-58
表 C3.3.38 拱肋(拱圈)劣化評等(鋼結構).....	C-58
表 C3.4.1 鋼結構常見之損傷項目 .....	C-59
表 C5.1.1 構件局部破壞與非破壞檢測技術種類及適用之材料 .....	C-60
表 C5.1.2 鋼筋混凝土構件劣化態樣檢測注意事項 .....	C-61
表 C5.3.1 構件非破壞檢測方法之適用性 .....	C-62
表 C7.5.1 鋼構件維修工法摘要表 .....	C-63

表 C7.6.1 塗裝劣化原因及其處理對策 .....	C-64
表 C7.6.2 各種塗裝塗料重漆之適合性 .....	C-65
表 C7.10.1 上部結構補強工法分類 .....	C-66
表 C7.10.2 下部結構補強工法分類 .....	C-66
表 C7.10.3 基礎補強工法分類 .....	C-66
表 C7.10.4 鋼結構橋梁補強工法摘要表 .....	C-67

## 解說圖目錄

圖 C3.3.1 混凝土橋梁結構裂縫示意圖 .....	C-68
圖 C3.3.2 混凝土橋梁非結構裂縫示意圖 .....	C-69
圖 C3.3.3 混凝土板梁底面裂縫示意圖 .....	C-70
圖 C3.3.4 混凝土 T 型梁裂縫示意圖 .....	C-71
圖 C3.3.5 預力混凝土 I 型梁裂縫示意圖 .....	C-72
圖 C3.3.6 預力混凝土箱型梁裂縫示意圖 .....	C-73
圖 C3.3.7 混凝土預鑄箱型梁裂縫示意圖 .....	C-74
圖 C3.3.8 混凝土橋梁主梁外懸鉸接裂縫示意圖 .....	C-75
圖 C3.3.9 混凝土橋台裂縫示意圖 .....	C-76
圖 C3.3.10 混凝土基礎沉陷示意圖 .....	C-77
圖 C3.3.11 混凝土基礎裂縫示意圖 .....	C-78
圖 C3.3.12 混凝土翼牆/擋土牆裂縫示意圖 .....	C-79
圖 C3.3.13 混凝土壁式橋墩裂縫示意圖 .....	C-80
圖 C3.3.14 混凝土懸臂式單柱橋墩裂縫示意圖 .....	C-81
圖 C3.3.15 混凝土構架式橋墩裂縫示意圖 .....	C-82
圖 C3.3.16 混凝土托架及支承處裂縫示意圖 .....	C-83
圖 C3.3.17 混凝土橋面板裂縫示意圖 .....	C-84
圖 C3.3.18 鋼結構裂縫現象示意圖 .....	C-85
圖 C3.3.19 鋼結構變形現象示意圖 .....	C-85
圖 C3.3.20 鋼結構螺栓鬆動或脫落現象示意圖 .....	C-86
圖 C3.3.21 I 型鋼梁主要劣化損傷示意圖 .....	C-87

圖 C3.3.22 箱型鋼梁主要劣化損傷示意圖 .....	C-88
圖 C3.3.23 鋼床板梁主要劣化損傷示意圖 .....	C-89
圖 C3.3.24 鋼橋墩主要劣化損傷示意圖 .....	C-90
圖 C3.3.25 支承裝置劣化損傷示意圖 .....	C-91
圖 C3.3.26 齒型伸縮縫劣化損傷示意圖 .....	C-92
圖 C7.4.1 維修工法分類 .....	C-93
圖 C7.8.1 決定支承維修與置換工法之流程圖 .....	C-94
圖 C7.10.1 補強工法分類 .....	C-95

# 規範規定



# 第一章 總則

## 1.1 一般說明

本規範目的在於提供內政部主管之市區道路人行天橋及其他各級人行天橋養護管理機關(以下簡稱養護管理機關)、人行天橋養護單位(以下簡稱養護單位)施行人行天橋及其附屬設施檢測、評估、維修及補強作業之依循，以維護人行天橋結構與橋上行人及橋下人車安全。內容包括檢測一般規定、定期檢測、特別檢測、詳細檢測、結構安全評估與維修及補強。

養護管理機關、養護單位須保存人行天橋基本資料、必要之初始資料、檢測紀錄、安全評估資料與維修及補強相關紀錄，以作為後續養護之參考；對於特殊性人行天橋，應另訂定維護管理作業計畫。

## 1.2 法源依據

本規範係依據行政院之「橋梁維護管理作業要點」第五點及內政部之「市區道路條例」第四條訂定。

## 1.3 適用範圍

本規範適用於內政部及其他機關主管之一般性及特殊性混凝土(鋼筋混凝土、預力混凝土)結構、鋼結構人行天橋之檢測、安全評估、維修及補強作業。不包含車行橋梁附屬之人行橋、建築空橋及自行車橋，惟自行車橋依其主管機關決定是否參照本規範辦理。本規範如有未盡事項，得參照其他適用規範辦理。

## 第二章 檢測一般規定

### 2.1 一般說明

人行天橋檢測係為及早發現人行天橋結構物之異常及損傷劣化，以掌握人行天橋之安全及使用性。

### 2.2 檢測類別

人行天橋檢測類別分為定期檢測、特別檢測及詳細檢測三類：

1. 定期檢測：為掌握人行天橋結構之健全度、及早發現造成功能減低或異常之損傷劣化現象及其原因，而定期進行之檢測。
2. 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養護管理機關、養護單位認為必要時而實施之檢測。
3. 詳細檢測：人行天橋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；或對跨河人行天橋所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測；或針對特殊性人行天橋重要構件，依其維護管理作業計畫辦理之檢測。

人行天橋之巡查得參照交通部「公路養護規範」、養護管理機關、養護單位橋梁維護管理作業要點相關規定辦理。

### 2.3 檢測頻率

特殊性人行天橋應建置初始資料；一般性人行天橋由養護管理機關、養護單位依據其重要性及安全風險自行決定建置初始資料之必要性。有必要建置初始資料之新建人行天橋應於完工使用後二年內完成。使用後人行天橋檢測頻率依檢測類別、橋況、橋齡、交通狀況、橋址環境及重要性等而定，養護管理機關、養護單位可視其組織編制及受檢測人行天橋之重要性，訂定檢測頻率，原則上檢測頻率如下：

1. 定期檢測：新建人行天橋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二年為原則。如有特別情況，養護管理機關、養護單位得視實際狀況調整，最長不得超過四年。
2. 特別檢測：於重大事故、災害發生後或巡查發現顯著異狀及養護管理機關、養護單位認為必要時辦理之。
3. 詳細檢測：人行天橋於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時進行之。特殊性人行天橋檢測頻率應依其維護管理作業計畫所訂頻率辦理。

### 2.4 檢測內容

有必要建置初始資料之人行天橋，初始資料之內容由養護管理機關、養護單位依據專業意見決定。使用後人行天橋之檢測內容包括蒐集與查對橋梁基本資料、必要之初始資料及維修紀錄，並依檢測類別實施各項檢測，再給定構件損傷劣化等級及後續處理方式。

對於特殊性人行天橋應依其維護管理作業計畫訂定檢測項目。

## 2.5 檢測準備作業

人行天橋檢測前須先備妥該橋梁相關資料，確認該橋梁構件編碼原則，並依不同之檢測類別擬定檢測工作計畫，準備檢測表格、工具及設備。有關檢測所需之安全設施，須依勞動部發布施行之相關規定辦理。

## 第三章 定期檢測

### 3.1 一般說明

定期檢測係為掌握人行天橋結構之健全度、及早發現造成功能減低或異常之損傷劣化現象及其原因，而定期以目視方式主要針對人行天橋構件進行之全面性檢測及劣化評等。

### 3.2 檢測方式

定期檢測方式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。

### 3.3 劣化評等

定期檢測依構件劣化狀況評定劣化程度(D)、劣化範圍(E)、劣化情況對人行天橋結構使用性及人車安全性影響(R)，以及處置急迫性(U)。

#### 3.3.1 人行天橋結構物劣化程度評等(D)

人行天橋結構物(含階梯)劣化程度評等包含上部結構、下部結構、橋面系統、相關附屬設施等之損傷劣化評等；跨河人行天橋另包含河道劣化程度、引道路堤保護措施及橋基保護設施之劣化評等。

##### 3.3.1.1 混凝土結構物

混凝土結構物劣化程度之評等，以裂縫、剝落、剝離、蜂窩、孔洞、鋼筋銹蝕、鋼腱銹蝕、錨碇部位外露銹蝕、滲水、白華、銹水流出、沉陷或其他損傷等項目為主。

##### 3.3.1.2 鋼結構物

鋼結構物劣化程度之評等，以鋼板或桿件之挫屈、變形、銹蝕、裂縫、塗裝劣化、銲道損傷、螺栓鬆動或脫落、異常聲音、沉陷或其他損傷等項目為主。

##### 3.3.1.3 玻璃及木作材質橋面板或護欄

橋面板或護欄等附屬設施為木作材質者，以開裂、剝落、斷裂、破碎、蟲蛀、腐蝕、植物附著生長、接合處鬆動脫落或其他損傷等項目為主。

玻璃橋面板以裂縫、剝落、破碎以及接合處鬆動脫落或其他損傷等項目為主。

##### 3.3.1.4 支承裝置及防落設施

支承裝置及防落設施劣化程度之評等，以支承及其周邊設施、阻尼裝置、防止落橋設施之破損、變形、沉陷、混凝土損傷、螺栓損傷、生銹腐蝕、塵土堆積、異常聲音、移動異常或其他損傷等項目為主。

### **3.3.1.5 伸縮縫**

伸縮縫劣化程度之評等，以伸縮縫裝置損傷、錨碇螺栓損傷、襯墊片或端部補強構件損傷、高低差、橋面板間距異常、異常聲音、漏水、伸縮縫間雜物堆積或其他損傷等項目為主。

### **3.3.1.6 河道變遷、引道路堤與基礎沖刷及橋基保護設施**

河道變遷、引道路堤與基礎沖刷及橋基保護設施等之評等，以上、下游開採砂石、河道之潛壩、固床工、河堤建造物、河道沖淤、變遷或其他損傷等項目為主。

### **3.3.1.7 排水設施**

排水設施劣化程度之評等，以設施損傷及堵塞為主。

### **3.3.1.8 照明設施**

照明設施劣化程度之評等，以燈桿損傷為主。

### **3.3.1.9 雨遮**

雨遮劣化程度之評等，以設施損傷及遮雨功能是否正常為主。

### **3.3.1.10 路面**

路面劣化程度之評等，以路面損傷與是否影響使用功能及行人安全為主。

### **3.3.1.11 特殊性人行天橋結構物**

特殊性人行天橋結構物劣化程度之評等，除其混凝土或鋼構件可參考 3.3.1.1 及 3.3.1.2 節劣化類型進行評等外，其他部分以錨碇裝置周圍混凝土剝落或破碎、錨頭保護蓋劣化或掉落、錨頭防蝕材料滲漏或銹蝕、承壓板破損、螺栓鬆動或脫落、鋼纜保護套管劣化或破損、鋼纜（吊索）之鋼絞線銹蝕等項目為主。

## **3.3.2 人行天橋結構物劣化範圍評等(E)**

人行天橋結構物劣化範圍評等包含上部結構、下部結構、橋面系統及相關附屬設施各構件損傷劣化範圍之評等；跨河人行天橋另包含河道變遷、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。

## **3.3.3 人行天橋結構使用性及人車安全性影響評等(R)**

人行天橋結構使用性及人車安全性影響評等，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，及對橋上行人及橋下人車安全性之影響程度。

## **3.3.4 處置急迫性評等(U)**

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及急迫性。

## 第四章 特別檢測

### 4.1 一般說明

特別檢測為橋址發生地震、土石流、水災、火災或其他重大事故後；或巡查發現顯著異狀及養護管理機關、養護單位認為必要時所實施之目視檢測。

檢測項目由養護管理機關、養護單位依災害或事故類型與特性及嚴重程度擇定。

### 4.2 地震後特別檢測

人行天橋所在地區發生地震後，養護管理機關、養護單位依事先訂定之檢測作業相關規定進行地震後特別檢測。檢測目的在了解地震對人行天橋之損傷程度，適時進行各項緊急措施或維修補強工作，避免人行天橋結構損傷劣化擴大，以確保人行天橋結構安全及避免二次災害。

### 4.3 土石流災後特別檢測

土石流災害發生後，養護管理機關、養護單位視需要對位於土石流活動區內之人行天橋結構物進行土石流災後特別檢測。檢測目的在了解淤埋、沖刷、磨損、堵塞、撞擊、抬移、彎道沖毀及坡岸崩塌等對人行天橋之危害程度。

### 4.4 水災後特別檢測

水災發生後，對於災區範圍內之跨河人行天橋及橋址所在河川，養護管理機關、養護單位視需要進行水災後特別檢測。檢測目的在了解河道變遷、沖刷、淤積、基礎裸露及撞擊等對人行天橋之危害程度。

### 4.5 火災後特別檢測

橋址內發生火災後，養護管理機關、養護單位視需要對於火災影響範圍內之人行天橋進行火災後特別檢測。檢測目的在了解火災對人行天橋構件產生之劣化與變形及其影響。

### 4.6 其他重大事故後之特別檢測

其他如山崩、地滑、颱風、意外撞擊及人行天橋無預警之損害等危及人行天橋結構安全事故發生後，養護管理機關、養護單位視需要進行特別檢測，以了解災害對人行天橋使用安全之影響。

## 第五章 詳細檢測

### 5.1 一般說明

定期檢測或特別檢測後，對於人行天橋狀態仍有疑慮，可進行詳細檢測，包含人行天橋構件之局部破壞檢測、非破壞檢測及跨河人行天橋所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測；其作業應依據適當方法及標準，採用適當工具、儀器及設備進行。

對於特殊性人行天橋應依其維護管理作業計畫，必要時針對重要項目進行詳細檢測。

### 5.2 構件局部破壞檢測作業

混凝土構件及鋼構件局部破壞檢測為需要針對檢測對象進行抽樣之檢測方法，須由專業單位評估，經人行天橋養護管理機關、人行天橋養護單位同意後，在適當位置鑽取試體或切割取樣後進行試驗。

局部破壞檢測須由具專業技術之人員負責操作，避免損害構件或結構體。

#### 5.2.1 混凝土鑽心取樣及試驗

混凝土構件於適當位置鑽心取樣後，依據檢測目的選用抗壓強度試驗、中性化檢測、氯離子含量檢測、鹼質粒料反應檢測等試驗方法，以了解構件現況混凝土強度及劣化狀況。鑽心取樣方式及試驗方法依相關標準進行。

#### 5.2.2 鋼構件切割及試驗

鋼構件在必要且可行時，於適當位置切割取樣後，依據檢測目的選用金相試驗法、拉伸試驗、彎曲試驗、硬度試驗法等，以了解構件現況材料強度以及劣化狀況。

#### 5.2.3 火害後檢測

混凝土受火害後可採用混凝土中性化試驗及燒失量試驗，以作為推估混凝土現況之依據。

鋼構件受火害後得使用可推測其殘餘應力及材料金相之測試方法。

### 5.3 非破壞檢測作業

非破壞檢測是在不影響檢測對象現況之前提下進行之檢測方法，檢測對象可包括人行天橋構件局部或人行天橋振動單元。

常用非破壞檢測方法包含反彈錘試驗法、鋼筋腐蝕檢測法、音洩檢測法、紅外線檢測法、敲擊回音法、衝擊彈性波法、超音波檢測法、射線檢測法、渦電流檢測法、磁粒檢測法、液滲檢測法、透地雷達法、地電阻檢測法、振動量測法、微波雷達檢測法及電磁檢測法等。檢測目的如下：

- (1) 混凝土抗壓強度推估；
- (2) 鋼筋腐蝕狀況及速率檢測；
- (3) 鋼筋位置、號數及保護層厚度探測；

(4) 裂縫、損傷等缺陷調查。

(5) 結構單元振動特性或特殊性人行天橋鋼纜索力推估等。

非破壞檢測方法由養護管理機關、養護單位依檢測目的及材料種類擇之。

#### **5.4 跨河人行天橋所在河道狀況或基礎沖刷之檢測**

常用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。

## 第六章 結構安全評估

### 6.1 一般說明

人行天橋進行定期檢測或特別檢測後，對於結構安全有疑慮之人行天橋得先進行初步評估，仍有疑慮者，進一步辦理詳細檢測及詳細評估，作為是否需進行整體維修補強之依據。

人行天橋結構安全評估由養護管理機關、養護單位依需求辦理。

### 6.2 初步評估

初步評估主要依據人行天橋基本資料、定期檢測或特別檢測結果，依循相關規範或參考研究報告所載方法，於短時間內，對人行天橋之安全相關指標進行簡便、快速之評估，作為篩選安全性確有疑慮者進行後續詳細評估之依據。

### 6.3 詳細評估

當人行天橋檢測或初步評估結果確認安全性確有疑慮時，須經由詳細模擬分析或實驗驗證等方法詳細評估人行天橋結構之安全性。

人行天橋結構安全詳細評估包括承載能力評估、耐震能力評估、耐洪能力評估以及必要時之鋼結構疲勞安全評估。

#### 6.3.1 承載能力詳細評估

承載能力詳細評估目的係為確定人行天橋之現況承載能力，並評估其是否符合載重需求。

承載能力詳細評估方法分為分析計算評估法及靜態載重試驗評估法。若分析計算評估結果對人行天橋承載能力有疑慮時，可對人行天橋進行靜態載重試驗評估。

##### 6.3.1.1 分析計算評估法

分析計算評估法之評定依據為人行天橋或構件承載能力評估係數 RF，其通式如下：

$$RF = \frac{\text{現存活載重承載能力}}{\text{活載重需求}} \quad (6.2.1)$$

其中現存活載重承載能力為現存承載能力扣除係數化靜載重後之值；人行天橋之現況承載能力須考慮材料老化、強度降低及材料強度變異性等造成之折減；各構件之活載重需求亦須考慮載重之變異性。

人行天橋承載能力詳細評估之評定如下：

RF ≥ 1：人行天橋容許活載重能力符合載重需求。

RF < 1：人行天橋容許活載重能力未符合載重需求，對人行天橋採取限重、補強、封閉、進一步現地檢測試驗評估或改建等措施。

### 6.3.1.2 靜態載重試驗

靜態載重試驗是將載重作用在指定之人行天橋結構位置，量測結構變形以及其他試驗項目，進而推斷人行天橋在載重作用下之受力行為及承載能力。

人行天橋結構靜態載重試驗之載重一般採重物直接加載形式，對於由車行改為人行橋梁者，必要且可行時得採車輛加載形式。實施人行天橋靜態載重試驗時，試驗載重形式之選擇、加載及記錄之方式，依結構試驗目的及現場條件而定。

靜態載重試驗之評定如下：

$$RF = \frac{\text{靜態載重試驗評估之活載重能力}}{\text{活載重需求}} \quad (6.2.2)$$

當

RF ≥ 1：人行天橋容許活載重能力符合載重需求。

RF < 1：人行天橋容許活載重能力未符合載重需求，對人行天橋採取限重、補強、封閉、進一步現地檢測試驗評估或改建等措施。

### 6.3.2 耐震能力詳細評估

人行天橋耐震能力詳細評估依相關規範或參考研究成果辦理。

### 6.3.3 耐洪能力詳細評估

人行天橋耐洪能力詳細評估依相關規範或參考研究成果辦理。

### 6.3.4 疲勞安全詳細評估

鋼結構人行天橋檢測作業完成後，視需要進行疲勞安全詳細評估。

## 第七章 維修及補強

### 7.1 一般說明

「維修」主要為防止人行天橋繼續劣化，以滿足使用功能及耐久性。人行天橋進行定期檢測或特別檢測後，針對人行天橋結構安全性尚無疑慮而局部構件有劣損者，由人行天橋養護管理機關、人行天橋養護單位依據檢測結果安排維修。

「補強」主要為提升人行天橋強度、勁度、韌性、分散構件之應力狀況、消散或阻隔災害作用能量，使人行天橋結構滿足相關規範以及人行天橋養護管理機關與人行天橋養護單位要求之使用性及安全性，進一步延長使用年限。人行天橋進行定期檢測或特別檢測後，針對人行天橋結構安全性有疑慮者，應依第六章規定辦理安全評估，詳細評估結果確實不滿足安全性要求時，辦理補強(含維修)規劃、設計、施工。

進行維修或補強規劃設計時，依其目的與效果，選定有效且可靠之方法，並應複核補強效果滿足要求。

### 7.2 緊急處置

檢測後至維修及補強施工前，須評估是否需進行交通管制、必要之限行、限重、架設臨時支撐或封橋等措施。

### 7.3 維修及補強原則

人行天橋經評估判定須進行維修或補強時，其作業原則如下：

1. 規劃設計時須參考檢測評估結果，並進行充分調查，依維修及補強作業特性，選擇合適之工法。
2. 維修及補強依其目標，採用恢復或改善結構系統功能、增加結構強度、勁度或韌性、分散構件之應力狀況、消散或阻隔災害作用能量、置換損傷構件或延長結構耐久性等方式進行，並須適當考量應力重新分配之影響。
3. 進行維修及補強時須注意施工安全及現有交通之影響，並輔以必要之臨時安全措施；另須避免施工過程中結構系統產生弱點。
4. 維修及補強須考慮使用材料與既有材料間之相容性及維修補強步驟，並注意採用之材料是否符合國家標準或相關國際標準。
5. 針對補強之人行天橋結構，宜依公認之學理及方法，以分析計算方法或實測法等進行補強效果之確認。

### 7.4 混凝土構件維修

混凝土構件維修包括混凝土表層修復、斷面缺損修復、裂縫修復、鋼筋除鏽、抑制鋼筋腐蝕及鹼質粒料反應修復等。

### 7.5 鋼構件維修

鋼構件維修在取得鋼材材料性質、確認損傷原因及損傷程度後，選擇適當之維修方案。執行維修作業時，須符合鋼結構施工之規定。

## 7.6 鋼構件防蝕系統維修

鋼構件防蝕系統維修之規定須符合施工規定及國家標準等相關規定，並依據其施工程序及相關規定進行施作，以確保發揮其應有功能。

### 7.6.1 塗裝劣化維修

塗裝劣化維修分成：1.全部塗裝；2.局部塗裝。

塗裝系統是否進行維修由塗裝檢測結果判斷。

### 7.6.2 熱浸鍍鋅劣化維修

熱浸鍍鋅長期使用後若產生鋅消耗，可藉由熔射或塗裝進行維修。

### 7.6.3 金屬鍍射劣化維修

金屬鍍射材料有鋅、鋁或鋅鋁合金。金屬鍍射防蝕系統長期使用後若發生劣化，可藉由鍍射進行維修。

## 7.7 玻璃與木作材質橋面板或護欄維修及置換

玻璃及木作材質橋面板或護欄劣損以更新置換(含木材之補接)為主要處置策略，特別是若產生中重度劣化損傷，應直接置換更新；木作材質輕微劣化者，得採用維修方式。

## 7.8 支承維修及置換

支承維修及置換之原則為使支承恢復原來之機能，或者避免支承再發生相同損傷。支承維修或置換工法之選擇須綜合考量改善對策之效果、現場狀況、損傷狀況、損傷原因、施工性、對行人及橋體之影響等。

## 7.9 伸縮縫維修及置換

伸縮縫之損傷並未損及其承載或伸縮之功能時，可不必置換伸縮縫，僅進行維修調整。伸縮縫已影響行人舒適度時，經調整、維修未能改善，必要時進行置換。

依據伸縮縫劣化程度有下列修復方法：1.局部修補；2.局部置換；3.整體置換。

## 7.10 結構補強

人行天橋結構安全詳細評估顯示安全確有疑慮有補強之必要時，應針對安全缺陷，選擇合適之補強工法。

人行天橋結構補強分為構件補強及結構系統補強二大類。

構件補強包含上部結構補強及下部結構補強，以符合人行天橋結構補強設計要求為原則。

結構系統補強係改善整體結構系統，以提升人行天橋之安全性、使用性。

# 規範解説



# 第一章 總則

## C1.1 一般說明

### 1. 人行天橋資料保存，儘可能包含以下項目：

#### (1) 基本資料

除因人行天橋興建年代久遠，資料已不可考者外，包含人行天橋結構計算書、設計圖說、竣工圖說、地質及水文資料。其中，藉由橋墩基礎座落之地質資料，可以判斷是否須特別注意橋墩基礎之沉陷及淘空問題。水文資料記載過去之河道位置、斷面、形狀及洪水頻率、最高洪水位等資料，可供檢測河道斷面及水位變化，並研判河道保護設施之妥適性，及是否尚需加強。

#### (2) 必要之初始資料

對人行天橋生命週期安全管理具重要性之原始資料，例如振動特性資料。參考第 2.3 節及第 2.4 節相關規定。

#### (3) 檢測紀錄

先前之檢測紀錄，記載人行天橋過去之構件劣化情形，可供研判哪些構件須特別注意檢測，以及該構件劣化之演變情形。

#### (4) 安全評估資料

曾經辦理之承載能力評估、耐震能力評估、耐洪能力評估、疲勞安全評估等結構安全性評估資料，包括因應需要所執行之局部破壞與非破壞檢測作業及試驗成果，可供綜合研判人行天橋安全性變化趨勢。

#### (5) 維修及補強相關紀錄

依時間順序記載人行天橋過去之構件維修及補強情形，包含維修補強日期、工程描述、承包商、契約價金、契約編號、結構計算書、設計圖說、竣工圖說及其他相關工程資料等。掌握先前辦理之維修及補強位置及工法，有助於後續準確研判相關構件之劣化評等及安全性。

### 2. 特殊性人行天橋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，其內容應包含特殊構件置換、檢(監)測項目、執行方式與頻率、判定標準及概估經費等。

## C1.2 法源依據

本規範係依據行政院「橋梁維護管理作業要點」及內政部「市區道路條例」訂定。依據「橋梁維護管理作業要點」第五點第二項及第三項：「中央主管機關對其主管橋梁之設計、檢測、維修、補強、資料建置與開放及督導，應訂定作業規定。前項作業規定，車行橋梁及鐵道橋梁得準用交通部作業規定。人行天

橋得準用內政部作業規定。」

「市區道路條例」第四條規定市區道路主管機關：在中央為內政部；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。

設計作業規定依相關橋梁設計規範辦理。

### C1.3 適用範圍

1. 本規範所稱人行天橋分為一般性人行天橋及特殊性人行天橋，指沿橋梁中心線長度達六公尺以上，供行人通行並跨越地面、水面、道路或軌道之結構物，不包含箱涵或管涵等結構物、車行橋梁附屬之人行橋、建築空橋及自行車橋。車行橋改人行天橋者亦適用。本規範如有未盡事項，得參照其他適用規範辦理。惟本規範定義之人行天橋主管機關(以下簡稱主管機關)、人行天橋養護管理機關(以下簡稱養護管理機關)、人行天橋養護單位(以下簡稱養護單位)對相關橋梁有督導、考評與養護等維護管理權責。
2. 本規範適用於一般性及特殊性混凝土(鋼筋混凝土、預力混凝土)結構、鋼結構人行天橋之檢測、評估、維修及補強作業。其他材質一般性人行天橋之相關作業，本規範如有適用之處，可依本規範所列之原則及重點進行檢測、評估、維修及補強，亦得以特殊性人行天橋辦理，另訂定維護管理作業計畫。
3. 本規範所稱一般性人行天橋包含板梁、I 型梁、T 型梁、U 型梁、箱型梁及剛架橋等。
4. 除一般性人行天橋外，皆屬特殊性人行天橋，如吊橋、斜張橋、脊背橋、桁架橋、鋼拱橋、混合梁橋(如鋼梁與預力混凝土梁接合)及複合梁橋(如波形鋼腹板複合梁橋)等。
5. 特殊性人行天橋因結構行為較為複雜，考量其原設計構想之獨特性及其他特別需求，由養護管理機關、養護單位依人行天橋特性、現地狀況及養護條件參考本規範規定，訂定其檢測及養護作業規定，作為相關作業辦理之依據。
6. 本規範所稱機關或單位定義如下：  
養護單位：人行天橋養護作業實際執行單位。  
養護管理機關：指養護單位所屬機關(構)之上級機關。  
主管機關：在中央為該人行天橋主管之行政院所屬二級機關；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。

## 第二章 檢測一般規定

### C2.1 一般說明

人行天橋檢測以目視為主，儀器為輔，於特定週期及特別時期，對人行天橋構件進行合宜之檢測，以期提早發現問題，掌握損傷劣化情況，採取必要之對策，使人行天橋保持於良好狀態。檢測除以繪圖或照片記錄劣化或損傷部位外，宜以量化方式評估各構件之劣化情形，建立人行天橋現況之基本評估資料。後續可再加值應用於計算該座人行天橋現況之初步安全評估分數或綜合評估分數或風險指標，或該座人行天橋之狀況指標等，以作為維修補強優選排序之依據。

### C2.2 檢測類別

1. 定期檢測：定時對人行天橋所有構件實施全面檢測，及確認經常巡查紀錄之人行天橋異狀、損傷。檢測重點在掌握人行天橋結構安全，早期發現構件之劣化，並評估劣化造成對人行天橋功能減損及其原因。
2. 特別檢測：當災害或重大事故發生後（如地震、土石流、颱風、豪雨、海嘯、火災或超高車輛撞損主梁等），為了解損傷程度及防止災害擴大，或巡查發現顯著異狀及人行天橋養護管理機關、人行天橋養護單位認為必要時而實施之不定期檢測。檢測時機係針對災後或事故後或其他目的，重點在探討是否造成人行天橋功能減損，及是否需維修、補強及決定維修、補強方法。特別檢測之啟動時機、檢測內容及方法由人行天橋養護管理機關、人行天橋養護單位自行訂定。
3. 詳細檢測：為辦理人行天橋現況詳細安全評估而針對人行天橋整體、構件細部設計資訊、材料性質、內部之劣化、沉陷、基礎深度等需辦理之詳細檢測，詳細檢測作業主要分為局部破壞檢測及非破壞檢測，檢測時則根據不同之目的選擇適當工具、儀器、設備及方法。
4. 養護管理機關、養護單位於巡查時發現人行天橋有異常之特殊狀況，認為人行天橋結構有安全之疑慮或危及行人安全時，應採相關安全措施，並可辦理特別檢測。

### C2.3 檢測頻率

1. 重要性高或安全風險高之一般性人行天橋宜建置初始資料。一般性人行天橋之重要性或安全風險之高低由養護管理機關、養護單位自行決定。有必要建置初始資料者，新建人行天橋應於完工使用後二年內建置，既有人行天橋應儘快補足，以掌握人行天橋生命週期安全性。
2. 新建人行天橋開始使用後二年內即辦理第一次定期檢測，檢驗人行天橋在初期使用階段所有構件之完整性與使用性。
3. 對於狀況良好且經養護管理機關、養護單位評估，劣化發生機率較小之人行天橋，例如狀況良好之非跨河橋，得延長定期檢測間隔，最長不得超過四年。
4. 本規範規定之檢測頻率為最低標準，不同檢測分類項目可依實際需求及考

慮養護管理機關、養護單位之人力，酌予調高檢測頻率。

5. 人行天橋於定期檢測或特別檢測後，若檢測人員對所發現之人行天橋劣化現象無法確定其影響程度，或對可能發生但目視無法判斷是否劣化而有安全疑慮時，例如裂縫之深度、混凝土內部鋼筋或鋼腱銹蝕狀況、橋墩基礎是否洶空等，或經初步安全評估結果顯示有必要進一步辦理詳細安全評估者，可再進行詳細檢測。
6. 特殊性人行天橋各檢測類別之檢測頻率應依其維護管理作業計畫所訂頻率辦理。

## C2.4 檢測內容

初始資料之內容由養護管理機關、養護單位依據專業意見決定。例如：有吊索系統之鋼纜，建立其鋼索振動頻率資料有利後續比對，確保索力正常。各檢測類別實施之檢測項目如下，具體內容參考第三章至第五章。

1. 定期檢測：對人行天橋(含階梯)所有構件實施檢測，包括上部結構(含主構件、副構件、支承及防落設施等)、下部結構(含橋台、橋台基礎、翼牆、擋土牆、橋墩、帽梁、橋墩基礎等)、橋面系統(含橋面版、伸縮縫、路面等)、相關附屬設施(含引道、護欄、排水設施、照明設施、雨遮等)；跨河人行天橋則另包含河道、引道路堤保護措施及橋基保護設施。前述檢測包括階梯相關構件，例如：階梯梁、階梯墩柱、階梯底板及梯級表面。
2. 特別檢測：依據災害或事故類型與特性及嚴重程度之不同，其檢測之重點有所不同；主要項目包含整體穩定性、上部結構、支承、防落設施、伸縮縫、橋墩、橋台、基礎、橋墩保護設施、河道、引道及其他附屬設施。
3. 詳細檢測：檢測內容及範圍依檢測目的及需求而訂，例如可針對某一墩或一支大梁進行局部破壞檢測或非破壞檢測。
4. 對於特殊性人行天橋如吊橋、斜張橋、脊背橋、桁架橋、鋼拱橋、混合梁橋、複合梁橋等橋型，應於維護管理作業計畫中訂定檢測項目，除一般性人行天橋之檢測項目外，包含橋塔或立柱、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)或立柱等。

## C2.5 檢測準備作業

進行人行天橋檢測前先研讀人行天橋紀錄，確認人行天橋構件編碼原則，並依不同檢測種類，由養護管理機關、養護單位視其需要擬定檢測工作計畫，準備檢測表格與必要之工具及設備，並檢查必要之安全措施。

1. 為使不同檢測人員所記錄之同一構件，能有一致性標示紀錄，進行檢測前先確認橋頭、橋尾位置及構件編碼，以利人行天橋之檢測紀錄管理作業。若人行天橋已有構件編碼，可採用既有之編碼。若先前未有構件編碼，則以面向公路里程增加方向行進，依由少至多、由左至右之原則予以編碼；若無法直接參照里程增加方向者，則自北方(N)之左上角為起始點，再以逆時針方向依序編號。
2. 檢測之準備工作包括下列項目：
  - (1) 人員編組及教育訓練。

- (2) 研讀人行天橋紀錄(包括竣工圖、檢測評估資料或維修補強資料紀錄)。
  - (3) 確認人行天橋構件編碼系統。
  - (4) 研擬檢測程序。
  - (5) 準備檢測表格、記事本及人行天橋簡圖。
  - (6) 安排適當之到達構件方法及設備。
  - (7) 整理檢測工具及設備，並進行校準。
  - (8) 擬定檢測現場之交通維持計畫。
  - (9) 檢查安全設施及進行職安宣導。
3. 檢測工作計畫包括下列項目：
- (1) 檢測時程。
  - (2) 人行天橋基本資料。
  - (3) 人行天橋構造特性。
  - (4) 該橋交通量及交通維持措施。
  - (5) 所需檢測人員、工具、材料或特殊設備。
  - (6) 是否需要特殊檢測設備或相關單位支援。
  - (7) 其他與檢測相關之項目。
4. 檢測表格
- (1) 主管機關依「橋梁維護管理作業要點」第九點建立之人行天橋管理資訊系統，包含詳細基本資料、檢測紀錄資料欄位項目及輸出表格型式等。配合人行天橋管理資訊系統作業，檢測所需表格係以資料欄位方式輸入人行天橋基本資料欄位及各類檢測紀錄欄位，並由養護管理機關、養護單位依需要內容輸出資料表格；各項資料並隨人行天橋狀態異動而增修。
  - (2) 定期檢測依人行天橋管理資訊系統之定期檢測評估欄位填寫檢測結果。
  - (3) 特別檢測使用之表格，可依檢測之目的、對象及項目等，由養護管理機關、養護單位依人行天橋之特性另訂之。
5. 檢測工具
- (1) 檢測時攜帶適當工具以得到有效之成果；例如進入箱型梁內部檢測頂板、底板、腹板及預力錨碇塊時，要特別考量通風設備及照明之充足。
  - (2) 執行檢測作業時亦可配合現地需要，採用檢測車、維修作業車等設備。
6. 檢測安全措施
- (1) 進行人行天橋檢測時，檢測員經常因需攀爬結構物或通行於狀況不佳之通道，而處於不安全環境，故檢測前要確實檢查所需之安全措施。安全措施包括檢測員個人之保護設備，以及檢測現場之安全設施。對於檢測員個人之保護設備，包括安全帽、反光背心、安全索(帶)、救生衣、無線電對講機、交通管制用具等，於檢測出發前，要檢查是否符合規定、功能是否正常。
  - (2) 檢測前先檢查及檢測現場之安全設施，例如進入箱型梁等密閉空間檢測前，除攜帶手電筒外，要先檢查箱型梁內是否存有有害氣體，確定安全無虞後始得進入；檢測現場之電線，亦需先確認斷電狀態，以免觸電發生危險；檢測過水橋時，若使用船舶，需先檢查所乘船舶是否安全；使

用橋梁檢測車時，需先檢查橋梁檢測車功能是否正常；進行水下檢測時，相關潛水用具、安全繩索和扣環等設備，亦需一併備妥並確保所有配備功能正常。

- (3) 檢測現場安全設施、通路、車輛機械及高空作業車等，須依勞動部發布施行之相關規定辦理。
- (4) 若需交通管制時，須經交通主管機關同意後再行檢測。

## 第三章 定期檢測

### C3.1 一般說明

1. 人行天橋定期檢測是希望及早發現構件損傷劣化，使養護管理機關、養護單位，於人行天橋嚴重損壞前做出處理措施而實施之全面性目視檢測及劣化評等。
2. 進行定期檢測時，為提高檢測效率並避免遺漏，檢測前先訂定檢測程序。檢測程序之原則為由上而下，亦即先引道段、橋面系統及上部結構，而後下部結構及河道狀況；可視人行天橋型式、構件狀況、檢測類別、人行天橋規模以及人行天橋座落位置交通情況等之不同，依實際情況另作調整。「電梯與電扶梯」屬機電設施，於巡查中檢查設施是否正常運行，相關結果提供機電相關單位參考，故不納入定期檢測內容。
3. 檢測結果可以加值應用於評估人行天橋狀況、功能性以及風險等指標，作為後續辦理詳細安全評估與維護改善決策之參考依據。

### C3.2 檢測方式

1. 定期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人行天橋構件；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。
2. 檢測人員以徒步或搭乘輔助載具（如橋梁檢測車、高空作業車或船舶）之方式接近人行天橋構件，用肉眼以直接目視方式進行人行天橋構件之檢測。
3. 當檢測人員難以用徒步或搭乘輔助載具之方式接近人行天橋構件時，則以間接目視之方式進行檢測；表 C3.2.1 列出部分具代表性之檢測對策，供檢測人員參考。

### C3.3 劣化評等

1. 橋梁定期檢測採用 DER&U 方式對劣化情況進行評等。DER&U 法針對人行天橋各構件之劣化程度(Degree)與劣化範圍(Extent)進行評估，同時並考慮劣化情況對人行天橋結構使用性及人車安全性影響(Relevancy)，及劣化構件需處置之急迫性(Urgency)進行評等；其檢測評等準則詳表 C3.3.1。
2. 表 C3.3.2 至表 C3.3.38 及圖 C3.3.1 至圖 C3.3.26 所列之劣化類型、評等及損傷示意圖僅供參考，養護管理機關得另提供參考圖說，供檢測人員評等使用。
3. 各附表中所列「其他損傷」為現場檢測實際發現之其他損傷，例如，護網鬆動或破裂可能造成橋上行人安全危險。

#### C3.3.1 人行天橋結構物劣化程度評等(D)

1. 「劣化程度(Degree)」為構件劣化之嚴重程度。
2. 「劣化程度(Degree)」評等分為「1」至「4」，其中「1」代表良好無劣化；

「2」代表有劣化但狀況尚可；「3」代表劣化明顯且狀況較差；「4」代表嚴重損壞或完全失去功能。當人行天橋原本即無此構件時可填「0」，代表「無此項目」；人行天橋原本有此構件而完全損壞時，則填「4」。

### C3.3.1.1 混凝土結構物

1. 本節之檢測對象包含上部結構(主構件、副構件)、下部結構(橋台、橋台基礎、翼牆、擋土牆、橋墩、帽梁、橋墩基礎)、橋面系統(橋面板)、相關附屬設施(引道、護欄)等混凝土結構物；相關劣化評等參考如表 C3.3.2 至表 C3.3.13。
2. 混凝土結構物之定期檢測主要以目視檢查混凝土表面損傷及補修處之狀況，檢測重點包含混凝土裂縫、剝落、剝離、蜂窩、孔洞、鋼筋銹蝕、鋼腱銹蝕、錨碇部位外露銹蝕、滲水、白華、銹水流出、沉陷或其他損傷等。
3. 混凝土裂縫一般係呈現線形分佈，裂縫可能僅發生於局部或擴大至全部之混凝土結構上。裂縫類型有結構裂縫與非結構裂縫二種，主要結構裂縫參考圖 C3.3.1；檢測時主要係對結構裂縫進行檢視。

#### (1) 結構裂縫

結構裂縫係由載重所造成，其類型如圖 C3.3.1 所示，計有撓曲裂縫、剪力裂縫、扭曲裂縫及拉力裂縫等。撓曲裂縫發生於構件受最大張力區域，成垂直狀且會往構件受壓力區發展，一般於構件之跨徑中點底部，如梁底或橋面板底部，或連續梁在橋墩處之構件上部，最易發現撓曲裂縫；剪力裂縫一般發生於大梁支點附近之梁腹底部，亦可能伴隨發生如撓剪、剪壓裂縫或橫劈裂縫等；最常見之扭曲裂縫為 $45^\circ$ 斜向裂縫；拉力裂縫則常發生於鋼筋混凝土構件受軸拉力過大且斷面大小配置不足時。

#### (2) 非結構裂縫

非載重因素造成之裂縫，雖不影響構件之安全，惟當裂縫深入構件之內部，亦可能損及構件。非結構裂縫類型計有溫度裂縫、乾縮裂縫、巨積混凝土裂縫、施工縫裂縫及鋼筋銹蝕裂縫等。溫度裂縫係由溫度高低變化引起之熱脹冷縮裂縫；乾縮裂縫屬混凝土養治期間因濕度控制不當造成之收縮，一般發生於預力梁之梁腹；巨積混凝土裂縫為澆置大體積混凝土時，因混凝土內、外溫度差造成之裂縫；施工縫裂縫易造成鋼筋銹蝕，亦可能造成構件之劣化，常發生於橋梁護欄與橋面板間、箱型梁底板與腹板間、預鑄預力梁與場鑄橫隔梁間；鋼筋銹蝕裂縫係因鋼筋生銹後體積膨脹，推擠混凝土產生之裂縫。圖 C3.3.2 所示為常見之非結構裂縫示意圖。

當檢測人員發現裂縫時，需注意其發生原因及位置，判別其屬性，並拍照或繪製示意圖，描述裂縫之形狀、寬度、方向及位置，並與先前檢測紀錄比較，以推論該裂縫有無擴張情形，進而研判該裂縫是否具危害性。

上部結構、下部結構、橋面系統及相關附屬設施等混凝土裂縫示意圖詳如圖 C3.3.3 至圖 C3.3.17。

4. 混凝土劣化程度可依裂縫狀況及有無滲水或銹蝕現象評估，至於裂縫狀況分級（細微、明顯、嚴重），考量實際檢測操作可行性，養護管理機關得另訂定操作分級參考。
5. 混凝土結構物表面劣化包括鹼質粒料反應造成混凝土表面產生龜殼圖樣裂紋或嚴重開裂，以及混凝土表面受到滲水、污染、火燒、硫酸鹽或化學藥劑侵蝕，所引起之老化、變色、白華等損傷現象。
6. 混凝土結構物產生剝落為混凝土表面水泥砂漿散失，造成粗骨材外露之現象，嚴重者骨材會鬆脫。剝落一般不會很深，通常發生在混凝土表層品質較差之部位。
7. 混凝土結構物產生剝離乃混凝土呈片塊狀剝落之現象，主要為鋼筋銹蝕或因溫度變化導致混凝土承受超過容許應力所造成。混凝土剝離後通常會使鋼筋曝露，剝離之形狀一般近似圓形或橢圓形。檢測時若發現剝離、鬆動混凝土塊及有掉落之虞時，需即時通報處理。
8. 混凝土結構物之沉陷包括橋墩、引道路堤保護措施、引道路堤之沉陷；相關劣化評等分別參考表 C3.3.8、表 C3.3.9、表 C3.3.12 及表 C3.3.24 之沉陷相關內容。結構物沉陷徵兆包括結構體產生傾斜、移動、陷落等，沉陷評等時，可透過觀察欄杆是否變形、橋面是否分離、伸縮縫是否上下左右錯動來判斷結構物整體或局部是否有沉陷可能。

### C3.3.1.2 鋼結構物

1. 本節之檢測對象包含上部結構(主梁、橫隔梁、斜撐)、下部結構(橋墩、帽梁)及用以連接鋼板母材或各構件之螺栓、鉚道等；劣化評等參考如表 C3.3.14 至表 C3.3.16。
2. 鋼結構人行天橋常見之損傷示意圖如圖 C3.3.18 至圖 C3.3.24；損傷項目如表 C3.4.1 所示，檢測重點包含鋼板或桿件之挫屈、變形、銹蝕、裂縫、塗裝劣化、鉚道損傷、螺栓鬆動或脫落、異常聲音、沉陷或其他損傷等。
3. 鋼結構人行天橋常見之塗裝劣化現象包含剝落、龜裂及變色。
4. 容易發生塗裝劣化之位置包括伸縮縫交界面、排水管附近及橋面板漏水處、螺栓接合處、鉚道、構件之幾何形狀改變處、構件之下翼板、梁端部、支承等處。
5. 發現塗裝劣化現象時，應儘速評估其對母材或鉚道之影響，必要時進行詳細檢測。
6. 發現母材或鉚道有裂縫時，應儘速進行詳細檢測，並採取必要之維修補強措施。
7. 鋼結構人行天橋之沉陷亦包括橋墩、引道路堤保護措施、引道路堤之沉陷。鋼結構橋墩之沉陷劣化評等參考表 C3.3.16 之墩柱變形及沉陷劣化，引道路堤保護措施及引道路堤之沉陷劣化評等分別參考表 C3.3.12 及表 C3.3.24 之沉陷相關內容。

### C3.3.1.3 玻璃及木作材質橋面板或護欄

1. 本節之檢測對象包含混凝土或鋼結構人行天橋中橋面板或護欄等附屬設施為木材、玻璃者；相關劣化評等參考如表 C3.3.17 至表 C3.3.20。
2. 玻璃構材之接合處損傷泛指玻璃板之間或與其他構件之接合處發生螺栓、螺絲等零件之鬆脫、鏽蝕等。
3. 木構材之接合處損傷泛指木材間或木材與其他構件之接合處發生榫卯、螺栓、螺絲、釘子等零件之鬆脫、腐蝕、鏽蝕等情況。

### C3.3.1.4 支承裝置及防落設施

1. 本節檢測之對象包含支承、支承墊、阻尼裝置(例如地震力分散裝置等)、防落設施；相關劣化評等參考如表 C3.3.21 至表 C3.3.22，損傷示意圖如圖 C3.3.25。
2. 支承為連接人行天橋上部結構及下部結構之重要構件，其功能為傳遞上部結構之荷重至下部結構，並適度吸收上部結構之伸縮、旋轉、碰撞等產生之力。支承檢測之目的為及時發現問題並作處理，以維持支承機能之正常運作，若放任支承之損傷而未作任何處理，其損傷容易波及人行天橋上部及下部結構，危害人行天橋整體安全。
3. 由於人行橋墩帽梁上方狹窄陰暗，容易產生土砂堆積、漏水、腐蝕，因此於進行支承檢測前應先清除堆積物。

### C3.3.1.5 伸縮縫

1. 本節檢測之對象為伸縮縫，可由橋面上、橋下或帽梁上實施檢測；相關劣化評等參考如表 C3.3.23，損傷示意圖如圖 C3.3.26。
2. 伸縮縫檢測時可由伸縮縫處發生之聲音、所見之漏水或檢測時所感覺之振動著手。一般聲音特別大處，伸縮縫已產生損傷之可能性很大，故於橋面上、橋下或帽梁上檢查時須特別注意伸縮縫處發生之聲音，以作為必要之綜合判斷。

### C3.3.1.6 河道變遷、引道路堤與基礎沖刷及基礎保護措施

1. 本節之檢查對象為河道變遷、引道路堤與基礎沖刷及基礎保護措施；相關劣化評等參考如表 C3.3.24 至表 C3.3.26。
2. 河道檢測方法以目視檢查主河道變遷、橋址附近設施及上、下游開採砂石等情形為主。
3. 進行河道檢測時注意河道中淤積之泥砂、沖刷程度與草木之生長是否會成為水流之障礙，以及是否存在可能引發火災之物料等。
4. 主河道水流之流量及方向隨時在改變，在進行檢測時仔細檢查這些改變所造成之影響。為探討沖刷或主河道變化，可另進行詳細檢測，以測量或取得人行天橋附近之河川縱、橫斷面圖並整理保存之。
5. 人行天橋之上游有攔河堰會阻攔河川之輸砂量，而阻絕攔河堰下游之淤砂量，同時亦使下游河床相對較易沖刷。河道中鄰近人行天橋基礎之上、下游若有河工構造物，檢查時須特別留意，是否有對引道路堤、橋台基礎及橋墩基礎較易沖刷之構件造成危害影響。

6. 河川中採砂易對人行天橋結構有不利之影響，對於人行天橋上、下游各五百公尺以內開採砂石，檢測時須特別留意，有此情形須立即通報。
7. 河川沖刷對橋台或橋墩基礎結構穩定性之影響：
  - (1) 下列情形結構穩定性不受影響：
    - a. 擴座基腳直接建構於岩盤上，且設計橋墩時已考慮洪水對橋墩之直接衝擊力。
    - b. 樁基建構於岩盤上，且設計樁基時已考慮洪水衝擊基樁之力。
  - (2) 下列情形結構穩定性將受影響：
    - a. 擴座基腳建構在軟層，如泡水易軟化之泥岩。
    - b. 樁基礎其基樁為部分摩擦或完全摩擦，而非完全由端點承受載重。
    - c. 樁基礎設計為穿越軟弱地質之點承樁。
8. 檢測河川基礎時，其他重要注意事項如下：
  - (1) 若人行天橋座落在河道轉彎處，則最大之沖刷將發生在轉彎外側處。
  - (2) 若人行天橋位於河道轉彎處，且其上游另有河道轉彎處存在，則沖刷將在轉彎之內側產生。
  - (3) 若河床含砂量高，則受沖刷之可能性愈高。
  - (4) 若因天然或人為因素，如地層滑動、土地開發或在人行天橋上、下游間採砂石等，致使河川環境改變，可能使沖刷更加嚴重。
  - (5) 當河流之流向改變後，橋墩之沖刷會加劇。

#### **C3.3.1.7 排水設施**

1. 箱型梁內部及橋墩之排水設施可於進行上部結構及橋墩檢測時一併實施。若排水設施之損傷或阻塞造成積水或漏水，應盡速處理；相關劣化評等參考如表 C3.3.27。
2. 排水設施之阻塞依下列觀測重點判斷：
  - (1) 檢查橋面與橋面板上進水口有無阻塞及不適當之排水通路，暴雨後可以很明顯看出是否有雜物在水管或進水口周圍。若進水口周圍之混凝土出現剝落及損害之現象，亦可能為進水口設計不良所致。
  - (2) 觀察梁、橋墩與橋台有無被水污染，可判斷有無水管漏水，排水管阻塞或出水管太短等情形。
  - (3) 檢查橋面板之排水出口有無濺濕其他構件之情形，以致造成積水。
  - (4) 檢查橋面板上有無堆積砂土，因砂土會儲留水份或鹽份，加速橋面板之剝落，若砂土會沉澱，則顯示橋面板上排水不良。

#### **C3.3.1.8 照明設施**

本節劣化評判以燈桿受損程度為主，燈具功能是否正常，屬日常巡檢項目。相關劣化評等參考如表 C3.3.28。

#### **C3.3.1.9 雨遮**

本節劣化評判以雨遮支承構架受損程度為主，覆蓋面材功能是否正常，屬日常巡檢項目。相關劣化評等參考如表 C3.3.29。

### C3.3.1.10 路面

本節檢測對象包括路面面材，劣化評判以面材裂縫、剝落及坑洞等受損程度是否影響使用安全為主。相關劣化評等參考如表 C3.3.30。

### C3.3.1.11 特殊性人行天橋結構物

1. 本節檢測之對象為特殊性人行天橋所增加之檢測項目，如橋塔或立柱、鋼纜系統（包括鋼纜、鋼纜錨碇裝置、鋼纜保護套管）、吊索、拱肋（拱圈）或橫桿；相關劣化評等參考如表 C3.3.31 至表 C3.3.38。但養護管理機關、養護單位可視人行天橋結構特性需求增訂相關檢測項目及判定標準。
2. 吊橋：吊橋結構行為係由垂吊索提供橋面板懸吊支撐，而橋面活載透過垂吊索傳遞至主索，一部分力量透過橋塔傳遞至橋塔基礎，另一部分則由錨定基礎承受，橋塔主要承受軸壓力而錨定基礎需抵抗來自主索之拉力，索力在跨中最低點處最小，在鞍座處最大，檢測重點為鋼纜(吊索)系統，其餘構件則須符合一般混凝土結構物或鋼結構物檢測要求。
3. 斜張橋：斜張橋結構行為係由斜張鋼纜提供主梁懸吊支撐，橋體上部結構自重及橋面活載主要均經由鋼纜傳遞至橋塔再傳至基礎承載處，塔身主要承受壓力，主梁則為彎矩及壓力之組合，鋼纜承受拉力及疲勞應力，鋼纜兩端錨定處則承受集中壓力。斜張橋主梁跨深比大、剛性低，結構系統存在複雜之振動特性。依其特殊構件說明如下：
  - (1) 橋塔：橋塔鋼纜錨碇部分之檢測重點與主梁部位相同，需注意鋼纜傳遞之巨大集中壓力及疲勞應力對於錨定區域可能造成之複雜損傷模式。
  - (2) 鋼纜系統：鋼纜為斜張橋之關鍵構件，其振動、材質老化及銹蝕均為檢測重點，除此之外，水氣亦可能經由錨碇裝置進入鋼纜內部，進而造成鋼材銹蝕，因此錨定裝置亦為檢測要項。
4. 脊背橋：脊背橋結構系統特性介於斜張橋與變梁深預力混凝土橋之間，塔高及主跨長度比值較斜張橋小，主梁跨深比值亦較斜張橋小，故主梁剛性相對較大，因此鋼纜疲勞應力較小。其橋塔、鋼纜系統等特殊構件之檢測項目與斜張橋大致相同，其餘構件則須符合一般預力梁橋之檢測要求。
5. 桁架橋：桁架橋結構行為上與一般梁橋不同，特性為軸力構件，檢測重點除一般鋼結構物項目外，應注意桿件結點處之劣化行為。
6. 鋼拱橋：鋼拱橋之拱肋(拱圈)須檢查是否發生裂縫、腐蝕等現象。鋼纜(吊索)及錨碇裝置則須檢查是否發生材質老化及銹蝕，除此之外，水氣亦可能經由錨碇裝置進入鋼纜內部，進而造成鋼材銹蝕，因此錨碇裝置亦為檢測要項。
7. 混合梁及複合梁橋：混合梁及複合梁橋結構系統特性仍屬梁橋，僅為不同材料複合，檢測重點為不同材料銜接處是否發生材質劣化現象，其餘劣化類型及常見損傷可參考 C3.3.1.1 混凝土結構物及 C3.3.1.2 鋼結構物。

### C3.3.2 人行天橋結構物劣化範圍評等(E)

1. 「劣化範圍(Extent)」為構件劣化範圍佔構件整體之百分比。

2. 「劣化範圍(Extent)」評等分為「1」至「4」，其中「1」代表局部劣化，劣化範圍佔構件整體未達 10%；「2」代表劣化範圍佔構件整體 10%以上未達 30%；「3」代表劣化範圍佔構件整體 30%以上未達 60%；「4」代表劣化範圍佔構件整體 60%以上。當構件無法目視觀察，如橋台基礎及橋墩基礎位於地面下，可填「0」，代表「無法檢測」。

### C3.3.3 人行天橋結構使用性及人車安全性影響評等(R)

1. 人行天橋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人行天橋整體之影響程度。
2. 「劣化情況對人行天橋結構安全性、使用性與耐久性之影響程度(Relevancy)」評等分為「1」至「4」，其中「1」代表影響輕微；「2」代表影響程度較小；「3」代表影響程度中等；「4」代表影響程度較大。當資訊不足無法判定影響程度時，可填「0」，代表「無法判定重要性」。
3. 檢測人員不僅應對劣化本身進行評等，且應從整體觀點來看劣化對人行天橋結構功能的影響。
4. 二個看起來相同之劣化在不同構件或位置，可能對人行天橋功能產生顯著不同之影響。劣化對該構件之 R 值評等，係仰賴檢測人員之工程經驗及專業素養來判斷。
5. 構件 R 值之評等與劣化程度相關聯，其檢測評等詳表 C3.3.2 至表 C3.3.38。

### C3.3.4 處置急迫性評等(U)

1. 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及急迫性。
2. 「處置急迫性(Urgency)」評等分為「1」至「4」，其中「1」代表依例行性養護即可；「2」代表劣化情況尚不影響人行天橋結構使用性或用路人安全，可定期追蹤劣化有無擴大，或於三年內完成維修補強作業；「3」代表劣化需於一年內完成維修補強，避免造成更嚴重之損害或造成用路人傷害；「4」代表需要緊急維修、封閉或其他緊急處置方式。當資訊不足無法判定急迫性時，可填「0」，代表「無法判定急迫性」。
3. 構件 U 值之評等與劣化程度相關聯，其檢測評等詳表 C3.3.2 至表 C3.3.38。

## 第四章 特別檢測

### C4.1 一般說明

特別檢測目的主要在於了解人行天橋構件是否受損及探討損傷原因，決定是否進行交通管制、維修補強及後續處理方式等。

### C4.2 地震後特別檢測

1. 地震發生後，各人行天橋養護管理機關、人行天橋養護單位依其相關規定所訂之地震震度，於特別巡查後進行人行天橋特別檢測，並以目視方式判斷人行天橋結構損傷及是否影響橋上行人及橋下人車安全，以快速掌握地震後人行天橋安全狀況。
2. 地震特別巡查及檢測依震害程度包括以下二個階段：
  - (1) 震後特別巡查：地震發生後以儘速掌握橋梁之主要受害狀況及防止二次災害為首要目的所進行之巡查。
  - (2) 特別巡查後之特別檢測：為掌握受災狀況，並據以判斷是否須進行搶修並研議復舊方針所進行之檢測。
3. 震後特別巡查屬第一階段作業，去程以巡查路段之全面性快速了解為主，回程可酌採緊急措施。其目的係為儘速掌握道路設施之災情及可否通行概況，並評估是否可能導致二次災害。巡查項目包含防落設施、橋面板、伸縮縫、護欄、緣石與人行道、上部結構及下部結構之主要構件等。攜帶裝備主要為書面資料、檢測工具、記錄工具、通信器材等。調查留意點包含：
  - (1) 可考慮利用機車巡查，或以徒步方式；
  - (2) 大範圍之災害調查可使用直昇機或無人遙控載具(UAV)；
  - (3) 應掌握全體災情，避免因眼前小災情況而忽略潛伏之重大災情。
4. 特別巡查後之特別檢測為第二階段作業。本階段檢測係為掌握全盤性受災狀況而於搶修前所實施之檢測。檢測項目包含橋墩、基礎、橋台、支承及上部結構之主要構件等。檢測重點在於檢視特別巡查第一階段中未發現，或無法檢測區域內是否有重大災情發生，如發現重大災害時應緊急搶修。檢測內容需涵蓋足以據以評估搶修之必要性及決定搶修工法之範圍。

### C4.3 土石流災後特別檢測

1. 土石流易對跨溪流之人行天橋結構物造成重大危害，故於土石流發生後，針對土石流活動區（含發生區、流動區、堆積區及停止區）範圍內人行天橋進行特別檢測。
2. 人行天橋之土石流災害大部分是由於土石流對下部結構磨損、撞擊、淤埋等所造成。當橋孔空間不足時，上部結構易受土石流沖擊，若作用於人行天橋之外力大於橋墩基礎之穩定能力時，橋墩將失去平衡，產生下沉、位移、傾斜或崩塌之情形。

#### C4.4 水災後特別檢測

1. 水災主因豪雨密集降落山區集水區，造成河川水流量及流速迅速增加，人行天橋橫跨河流、渠道所構築之水工結構物(橋墩、橋台)阻滯水流流動，造成流況之改變，促使結構物周圍形成河床局部沖刷，進而導致人行天橋結構之破壞。
2. 人行天橋水災後特別檢測項目包含河道、引道路堤與其保護措施、橋台與其基礎、橋墩與其基礎及保護措施等。若洪水水位曾達上部結構，則檢測對象須包含上部結構及支承。

#### C4.5 火災後特別檢測

1. 混凝土構件受火害時，混凝土因受高溫，造成混凝土內水氣之不均勻膨脹易產生剝落或爆裂而降低混凝土強度。鋼筋於受熱抗拉強度會降低，溫度降為室溫後，鋼筋之殘餘強度及極限強度亦略有降低，故對於受火害之鋼筋混凝土構件，可視需要進行燒失量試驗及混凝土抗壓強度試驗。
2. 鋼結構構件受到高熱後，其降伏強度、極限強度、彈性模數、及衝擊強度等機械性質均會依火害溫度之不同而發生不同程度之改變，造成強度折減；高溫亦會造成螺栓預力損失、鉸道及熱影響區之衝擊韌性值降低，進而造成螺栓接頭與鉸道及熱影響區結構行為之改變；鋼梁和鋼柱之不均勻受熱，可能導致鋼梁或鋼柱之變形及局部挫屈，故對於受火害之鋼構件，可由試驗求取鋼材之降伏強度、極限強度，並確認火害後鉸道及熱影響區之衝擊韌性及螺栓預力損失量。

#### C4.6 其他重大事故後之特別檢測

1. 山崩多發生於山區雨後，可能產生土石崩落撞擊人行天橋，造成人行天橋損傷。
2. 具地滑潛勢之地區，在豪雨過後，亦可能因發生地滑而使人行天橋基礎錯位。
3. 颱風過境可能夾帶豪大雨勢，除考量其可能帶來之水害影響外，其強風侵襲對特殊性人行天橋如斜張橋、脊背橋等之鋼纜系統及錨碇裝置可能會造成損傷，強風亦會對人行天橋上相關附屬結構設施造成不同程度之損傷或倒塌，危及行人安全。
4. 交通事故等造成之撞擊可能使人行天橋撞擊部位變形或混凝土剝落。人行天橋之無預警損害包含人為之蓄意破壞或恐怖攻擊等，都將對人行天橋造成不同程度之損傷。
5. 若在橋址處發生上述重大事故後，養護管理機關、養護單位判斷對人行天橋結構或人車安全產生疑慮時，視需要進行適當之特別檢測。

## 第五章 詳細檢測

### C5.1 一般說明

1. 人行天橋實施定期檢測或特別檢測後，若檢測人員對所發現之人行天橋劣化現象無法確定其影響程度，或對可能發生但目視無法判斷是否劣化而有安全疑慮時，例如裂縫之深度、混凝土內部鋼筋或鋼腱銹蝕狀況、橋墩基礎是否淘空等，或經第六章初步評估確認結構安全性有疑慮時，得實施詳細檢測，以了解結構構件細部設計資訊、材料性質、劣化或受損範圍及程度或結構振動特性之變化等，作為後續進一步辦理結構受力行爲等詳細評估之依據。
2. 人行天橋構件之詳細檢測區分為局部破壞檢測、非破壞檢測，或對跨河人行天橋所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測，應根據不同之目的選擇適當方法及標準，由專業人員採用適當工具、儀器及設備進行作業，其檢測結果之合理性及正確性宜委請專家學者進行審核。表 C5.1.1 為目前常見之構件局部破壞檢測(Partially Destructive Testing, PDT)及非破壞檢測(Non-Destructive Testing, NDT)技術種類及適用之材料。
3. 鋼筋混凝土構件常見劣化態樣、檢測方法及注意事項可參考表 C5.1.2。
4. 若跨河人行天橋可能因沖刷或水下構件失效而導致破壞，養護管理機關、養護單位需通盤考量環境限制及實際需求情況，必要時，以河道及橋梁基礎構造物為主要對象，辦理水下詳細檢測。
5. 由於局部破壞及非破壞之檢測方法甚多，相關試驗及檢測方法中，若 CNS 已有相關標準者，依 CNS 辦理，若 CNS 無相關者，得參考 ASTM、AASHTO 或 JIS 等其他標準或規範辦理，爰本規範僅作概要陳述。
6. 因各種局部破壞及非破壞之檢測方法皆有其專業性，使用時須由專業單位提出建議及說明，對於實際之檢測及評估工作，選擇適當之方法進行檢測。
7. 對施作人員須進行相關非破壞檢測技術能力評估及檢測成果合理性之驗證，選擇使用非破壞檢測方式若為 CNS13588「非破壞檢測人員資格檢定與驗證」中適用範圍所列，施作檢測人員須提出相關檢測人員資格文件備查。
8. 對於特殊性人行天橋應依其維護管理作業計畫，必要時針對重要項目進行詳細檢測。

### C5.2 構件局部破壞檢測作業

混凝土構件及鋼構件局部破壞檢測為一種若處理不當具有損害性之檢

測方法，須由具專業技術之人員負責操作。所稱適當位置，指對人行天橋構件及結構體之強度不造成傷害之處。

### C5.2.1 混凝土鑽心取樣及試驗

1. 需了解人行天橋構件現況混凝土強度以及劣化狀況時，可於人行天橋適當位置鑽心取樣後進行相關試驗，包含抗壓強度試驗、中性化檢測、氯離子含量檢測、鹼質粒料反應檢測等。
2. 鑽心取樣
  - (1) 可參考 CNS1238 「混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法」標準辦理。
  - (2) 混凝土局部破壞檢測須由具專業技術之人員負責操作，得配合竣工圖說或鋼筋探測儀器標定鋼筋位置，避免損害或傷及鋼筋，造成構件或結構體之傷害。
  - (3) 混凝土局部破壞檢測之殘孔，按「混凝土工程施工規範與解說」之規定辦理填補。
3. 抗壓強度試驗
  - (1) 需了解人行天橋混凝土強度現況時，可進行抗壓強度試驗。
  - (2) 除 CNS1238 之外，混凝土鑽心取樣試驗相關規定可參考 CNS1230、CNS1231、CNS1232、CNS1233、CNS1234、CNS1241、CNS3801、CNS11297、CNS14704 及其他相關規定。
4. 中性化檢測
  - (1) 當混凝土暴露於工業污染大氣環境中，含有二氧化碳或三氧化硫等酸性氣體會使混凝土鹼性降低，其 pH 值由原先之 12 至 14 降到 9 左右，此即混凝土之中性化。
  - (2) 混凝土發生中性化時，由最外層漸漸向內侵入，當中性化層到達鋼筋時，破壞鋼筋表面鈍化膜，增加鋼筋腐蝕可能性。
  - (3) 相關檢測規範可參考 JIS A1152 或 RILEM CPC-18，以酚酞試劑測定混凝土中性化程度。
  - (4) 試驗亦可採用較精確且較複雜之方法如下：
    - a. 強鹼反應法、強熱反應法及未中性化定量法等之化學分析法。
    - b. X 光繞射測定法。
    - c. 電氣化學法。
    - d. X 光顯微放大法。
    - e. 加速中性化試驗。
5. 氯離子含量檢測
  - (1) 氯離子含量係指硬固水泥砂漿或混凝土中之氯離子量。氯離子會促

使鋼筋銹蝕，導致混凝土因鋼筋膨脹而剝落及損毀。

- (2) 硬固混凝土之氯離子含量檢測，可利用酸溶法或水溶法將混凝土中之氯離子萃取出來，再用電位滴定法判斷，可參考 CNS14702「硬固水泥砂漿及混凝土中酸溶性氯離子含量試驗法」及 CNS14703「硬固水泥砂漿及混凝土中水溶性氯離子含量試驗法」標準等規定辦理。
  - (3) 硬固混凝土中氯離子含量超過設計環境條件下之國家標準值或國內外相關規範之規定，導致混凝土構件有裂縫、剝落或鋼筋銹蝕等嚴重劣化情況，可依第 7.4 節之混凝土構件維修相關工法進行修復工作。
  - (4) 混凝土取樣進行氯離子含量分析之規劃工作，須依據氯離子來源進行研判，若氯離子係因海水或海風所帶來之鹽分滲入所造成，須先探討距離混凝土表面不同深度之氯離子含量，方能進一步研判鋼筋或鋼腱腐蝕之可能性。若氯離子係因混凝土摻用海砂所造成，則應去除混凝土表面具中性化之部分厚度再進行氯離子含量分析，方能避免誤判氯離子含量之情形。
6. 鹼質粒料反應檢測
- (1) 混凝土鹼質粒料反應會導致混凝土強度、彈性與耐久性損失進而產生膨脹及開裂，主要反應係波特蘭水泥中之鹼金屬離子及骨材中含有二氧化矽或碳酸鹽質岩石之反應結果。
  - (2) 混凝土鹼質粒料反應檢測法可參考 CNS13618、CNS13619、ASTM C856、AASHTO T299 或其他國內外相關規定辦理。
  - (3) 正常混凝土 PH 值通常為 12 至 14，若卜特蘭水泥中之氧化鈉( $\text{Na}_2\text{O}$ )含量超過 0.6%，並與鹼質-活性粒料組合使用時，會因鹼質粒料反應而引起大量膨脹。ASTM C150 定義含鹼量小於或等於 0.6% 之水泥不必考慮活性粒料之種類，亦足以防止因鹼質粒料反應引起之危害。若混凝土中各項來源總鹼量低於  $3.0 \text{ kg/m}^3$ ，將不會造成危害。

### C5.2.2 鋼構件切割及試驗

鋼構件局部破壞檢測方式包含金相試驗、拉伸試驗、彎曲試驗及硬度試驗法等。

1. 金相試驗：為將鋼材試片經拋光程序，並以不同方式浸蝕處理後，用顯微鏡觀察金屬組織圖像間接推測其組成之試驗法。試驗程序可依 CNS 12998「超硬合金顯微組織測定法(金相法)」標準等規定辦理。
2. 拉伸試驗及彎曲試驗：鋼材之抗拉強度及彎曲強度為重要之材料機械性質，其可依 CNS 2111「金屬材料拉伸試驗法」及 CNS 3941「金屬材料之彎曲

試驗法」標準等規定進行試驗，由試驗結果可驗證金屬材料之現況。

3. 硬度試驗：硬度為材料表面對穿透之抵抗程度，也可為材料相關機械性質之總代表，鋼材之硬度約與其強度有一正向關係，故可利用硬度推斷鋼材強度及種類，其可依 CNS 2115「維克氏硬度試驗法」標準進行相關試驗。

### C5.2.3 火害後檢測

#### 1. 混凝土構件

- (1) 混凝土受火燒後，由於高溫作用，水泥膠結物將發生不等程度之化學變化，混凝土之物理性質及力學性質亦將發生不等程度之影響。
- (2) 推測混凝土曾遭受火燒最高溫度之方法很多，以酚酞中性化試驗作定性判斷較為簡易，定量方法中則以燒失量試驗之適用範圍較廣泛。
- (3) 燒失量試驗：混凝土中含有甚多水泥水化物及其衍生物，當此類物質受火災高溫作用時將發生分解變化，以失去結晶水與二氧化碳及重量損失等原理，比對受火害試體及未受火害試體於相同高溫環境下之試體重量差，推定混凝土受火害之最高溫度。

#### 2. 鋼構件

火害後鋼材性質可能產生變化，可用硬度法及現場金相法觀察材料組織變化，另可用超音波法再次確認。另可依 ASTM E837 標準之盲孔法了解構件之殘餘應力。

### C5.3 非破壞檢測作業

1. 非破壞檢測一般常藉著媒介物而進行較間接之檢測，目前非破壞檢測所獲得之資料，有部分尚為定性，而非定量，例如超音波探傷及渦電流探傷，可發現缺陷之位置及範圍，而無法判斷其大小、方向等，因此需有長期之試驗作為判斷之參考。非破壞檢測工作無法預測構件所能承受之負荷及使用年限，僅能提供品質狀況，作為改良原始設計、材料選擇及製造時參考之用。非破壞檢測對象可包括人行天橋構件局部或人行天橋振動單元，混凝土構件及鋼構件檢測之適用性可參考表 C5.1.1，另依各種檢測目的，可參考表 C5.3.1 選擇適當之構件非破壞檢測方法。表格以外其他方法，如振動量測法及電磁檢測法等可用於結構單元振動特性或特殊性人行天橋鋼纜索力推估。
2. 反彈錘試驗法
  - (1) 反彈錘試驗法(Rebound Hammer Method)又稱為衝錘法，係利用司密特衝錘(Schmidt Hammer or Swiss Hammer)等彈簧驅動鋼錘，撞擊硬化混凝土表面，測定反彈數值(Rebound Number)來推估抗壓強度之試驗方法。
  - (2) 由於混凝土表面硬度為與標準試體比較而得，試驗前需清除表面風化部分，而推測所得之混凝土強度為相對強度而非絕對強度，故此法不能反應混凝土內部品質，僅可作為粗略測定混凝土構件強度之簡便快速方

法。

- (3) 檢測法相關規定可參考 CNS 10732、ASTM C805 或其他相關規定辦理。

### 3. 鋼筋腐蝕檢測法

- (1) 鋼筋腐蝕檢測原理係利用電化學方法，測定混凝土中鋼筋之腐蝕電位、電流或電阻，用以判斷鋼筋之腐蝕狀況。
- (2) 鋼筋腐蝕檢測方法可採用測定腐蝕電位、電流或電阻等方式進行，所選用之方法應依檢測位置、腐蝕程度、中性化情形及混凝土外表情況等因素決定之。常見檢測技術如下：
  - a. ASTM C876 之腐蝕電位法。此法又稱半電池電位法(Half-Cell Potential, HCP)，主要使用一個高輸入阻抗電位計，一端接一參考電極，如銅/硫酸銅(Cu/CuSO<sub>4</sub>)或銀/氯化銀(Ag/AgCl)，另一端銜接鋼筋，藉此量測鋼筋之腐蝕電位。
  - b. 直接量測鋼筋腐蝕速度(電流)。可利用直流線性極化法(Linear Polarisation Resistant, 簡稱 DC 法)、交流阻抗法(Alternative Current Impedance Method, 簡稱 AC 法)、調和分析法(Harmonic Analysis Method)法等電化學反應試驗法進行之。
  - c. 腐蝕電位、混凝土電阻同時量測。量測混凝土電阻可使用例如量測土壤電阻之 Wenner method，並利用數學模式、腐蝕電位圖及混凝土電阻等資料，推測鋼筋之腐蝕速度。

### 4. 音洩檢測法

- (1) 音洩檢測法(Acoustic Emission Testing, AT 或 AE)主要係利用構件產生變形、相變化或斷裂過程中，能量會以高頻率彈性波之型式釋放出來，此種應力波釋放模式稱為音洩。音洩檢測多用以探測材料缺陷，可檢測無法以目視檢測出之結構內部微小裂縫。
- (2) 由於音洩波(聲射波)可來自鋼結構裂縫之成長，裂縫處材料局部降伏、裂縫表面摩擦、麻田鐵(martensite)形成過程、混凝土結構物裂縫產生過程、混凝土及鋼筋相對滑動、碳纖混凝土中纖維破裂或失去連結等，故此法對於鋼筋混凝土結構物及鋼結構之缺陷皆適用。
- (3) 因檢測對象為偵測物件之損傷、缺陷及位置，故無一定之判定標準可遵循，需仰賴專業人員操作、校正及判讀，以避免誤判之情形發生。
- (4) 音洩檢測法相關規定可參考 ASTM E569、ASTM E650、ASTM E749、ASTM E750、ASTM E751、ASTM E976、ASTM E1067、ASTM E1106、ASTM E1139、ASTM E1211、ASTM E1316、ASTM E1495 及其他相關規定辦理。

### 5. 紅外線檢測法

- (1) 紅外線檢測法(Infrared Thermographic Testing, TT 或 IT)係利用材料內部熱流不同分佈狀況來偵測其內部異常之方法，可用於小區域或大範圍之檢測，並可精確檢測出混凝土結構內部損傷。
- (2) 紅外線檢測法相關規定可參考 ASTM D4788 及其他相關規定辦理。

## 6. 敲擊回音法

- (1) 敲擊回音法(Impact-Echo Method)係利用機械性敲擊方法將暫態應力波導入待測試體內部，再利用位移量測儀器來接收其位移擾動訊號，此訊號包含應力波被內部瑕疵反射回來之位移波形，若反射界面深度已知，則可經由縱波於敲擊面及反射界面來回所需時間，推求縱波在該物體內部行進速度，反之若波速已知，則可推算所求物體邊界或內部裂縫等反射界面之深度。
- (2) 試驗相關規定可參考 ASTM C1383 內容。

## 7. 衝擊彈性波法

- (1) 衝擊彈性波法(PV)係利用衝擊錘(Impulse Hammer)敲擊結構物產生振動，並於施力點旁量測結構物表面反射波，經頻率域分析後，可偵測物體之裂縫長度、深度及位置等缺陷，適用於構件厚度、基樁健全度與長度測定、地中埋設物、地盤注入凝固液效果及空隙深度之測定等用途。
- (2) 試驗相關規定可參考 ASTM C597 或其他相關規定辦理。

## 8. 超音波檢測法

- (1) 超音波檢測法(Ultrasonic Testing, UT)係利用聲波傳入結構物以檢測其內部損傷、缺陷、厚度及位置，當超音波遇到不同密度之物體則產生不同之訊號，依此原理即可檢測結構物之內部損傷、缺陷、厚度及位置。
- (2) 相關規定可參考 CNS 11051、CNS 11224、CNS 11399、CNS 11401、CNS 12618、CNS 12622、CNS 12845、CNS 13342、CNS 13403、CNS 13404、ASTM C597 及其他相關規定辦理。

## 9. 射線檢測法

- (1) 射線檢測法(Radiographic Testing, RT)係利用射線照射物體，當受照射物體內部存在有缺陷或不連續時，其透射和吸收特性將不同於原物體其他無損傷部位，因而產生深淺不同影像，藉此可檢測物體內部缺陷，用於混凝土內部空洞、缺陷、鋼筋與鋼腱位置及保護層厚度等之檢測。
- (2) 射線檢測法相關規定可參考 CNS 11409、CNS 11226、CNS 11379、CNS 11751、CNS 12619、CNS 13020、ASTM C1040 及其他相關規定辦理。
- (3) 射線檢測過程具有輻射等之安全問題，操作人員須具行政院原子能委員會核發之有關合格執照。

## 10. 渦電流檢測法

- (1) 渦電流檢測法(Eddy Current Testing, ET)可用於檢測鋼筋位置、號數及保護層厚度。鋼筋探測儀(Rebar Detection System or Rebar Locator)為渦電流檢測法主要應用儀器之一，係利用法拉第(Faraday) 電磁感應定理及鋼筋強磁特性，將載有交流支線圈探頭置於混凝土表面，使鋼筋等金屬導體在其交換磁場部分產生漩渦狀之渦電流，並藉由量測單位時間磁束變化量所產生之電力關係，求得混凝土中鋼筋配置等相關資訊。
- (2) 渦電流檢測相關規定可參考 CNS 11050、CNS 11400、CNS 11823、CNS 12620、CNS 13405、CNS 13406 及其他相關規定辦理。

## 11. 磁粒檢測法

- (1) 磁粒檢測法(Magnetic Particle Testing, MT)之檢測原理為利用鐵磁性材

料因瑕疵存在會產生磁漏現象的特性，觀察磁粒分布情形，以檢測試體瑕疵。檢測方法為將粉末狀或懸浮液之磁粒，散佈於產生磁場之鐵磁性試體，再觀察磁力線之方向及磁料分布情形，以檢測試體瑕疵。

- (2)磁粒檢測法相關規定可參考 CNS 11048、CNS 11377、CNS 11750、CNS 13341 及其他相關規定辦理。

#### 12.液滲檢測法

- (1)液滲檢測法(Penetrant Testing, PT)可檢測金屬或非金屬表面瑕疵至數微米( $\mu\text{m}$ )之極細微損傷。
- (2)液滲檢測法相關規定可參考 CNS 11047、CNS 11225、CNS 11376、CNS 11398、CNS 11749、CNS 13464 及其他相關規定辦理。

#### 13.透地雷達法

- (1)透地雷達法(Ground Penetrating Radar, GPR)係利用高頻脈衝電磁波(Electromagnetic)中之微波貫穿待測物體，當遇到介質不連續時將產生反射和折射波，而此反射波隱含所貫穿結構物之厚度、反射面之介質比對等資訊，經檢查可得知物體厚度及位置等。
- (2)透地雷達法相關規定可參考 AASHTO R37-04、ASTM D4748、ASTM D6087 及其他相關規定辦理。

#### 14.地電阻檢測法

視電阻率(Apparent Resistivity)通常不代表地下各地層之實際電阻率，僅代表此種電極排列下之地層導電性綜合效應。電流極展距越大，電流穿入越深，其效應愈接近下部地層性質，因此於探測過程將電流極展距逐次加大，即可獲得由淺至深之地層反應訊號及電阻率分佈。

#### 15.振動量測法

- (1)利用感測器量測鋼纜之加速度、速度或位移反應，並藉由訊號分析技術獲得鋼纜模態頻率，再以此模態頻率為基準，經相關理論評估，可得鋼纜索力值。可由索力改變量對結構安全之影響進行評估，檢核各鋼纜索力容量是否在安全範圍內。
- (2)相同原理可用於人行天橋振動單元模態頻率、阻尼比及模態振形推估，由其改變量掌握人行天橋結構特性之變化，確保安全。

#### 16.微波雷達檢測法

類似振動檢測法，惟以遠距微波動態位移測量儀量測橋上安裝之反射規標，以求外力作用時動態垂直位移，作為後續分析依據。

#### 17.電磁檢測法

可用於量測鋼纜索力值，係由磁彈儀為激磁線圈施加脈衝電壓信號，激磁線圈於鋼纜內部產生磁場強度，同時測量線圈內產生感應電壓；當鋼纜索力發生變化時，內部磁場強度亦會發生變化，同時測量線圈內感應電壓產生變化，通過磁彈儀檢測出測量線圈上感應電壓之微小變化，進而推算出鋼纜索力。

### C5.4 跨河人行天橋所在河道狀況或基礎沖刷之檢測

1. 人行跨河橋所在河道若有沖刷或河道變遷之現象，恐導致橋台或墩基礎裸

- 露，進而影響人行天橋安全。養護管理機關、養護單位視需要對跨河橋所在之河道狀況或基礎沖刷進行檢測，掌握橋墩基礎與河床高程之狀況。
2. 常用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。
  3. 河道橫斷面測量
    - (1) 測量目的為掌握跨河橋之河床高程變化情形。
    - (2) 針對河道橫斷面測量，其方向為沿人行天橋人行向進行。量測範圍建議為人行天橋兩側堤防之堤內(臨陸面)堤腳處，若無堤防則建議測至河道寬外之橋墩中心線。測線建議於人行天橋中心線、上下游胸牆滴水線或上下游適當位置進行量測。養護管理機關、養護單位可依需求自訂需求選定測線。
    - (3) 河床斷面測量前需進行水準測點清查，並由已知三角點檢測(或引測)，水準標石埋設位置應設於安全穩固明顯之地點。如無法引測，可以相對高程表達。
  4. 多(單)音束測深
    - (1) 探測方式採用多(單)音束聲納，快速且大範圍掌握水下範圍內人行天橋構件之整體狀態。
    - (2) 多(單)音束探深為一種應用多個聲波發射，至河床或障礙物後反射，探測儀可接收訊號，依據收到時間，進而算出聲波所行走之距離。多音束與單音束差別在於多音束為多個聲波一齊發射，成一扇面狀，故較單音束測深探測儀附蓋更多，效率佳。
    - (3) 有關多音束測深相關作業程序、品質管制、檢核驗收等，可參照交通部「公路橋梁檢測及補強規範」辦理。
  5. 側掃聲納
    - (1) 探測方式為利用聲波反射原理來提供河道影像之探勘技術，其可對河道做大範圍區域探測調查，並描繪河道地貌、河道構造物辨別等。
    - (2) 側掃聲納通常拖於船舶後，當其運作時，由船舶兩舷之音鼓向和底發射扇形聲波，聲波經河床反射回之訊號由拖魚本身之接收器接收並透過電纜傳至紀錄器，回訊經紀錄器處理後再與定位資料結合即可得到探測範圍之河床影像。
  6. 測深光達
    - (1) 探測方式為以近紅外光及綠光之雷射掃描方式進行水域之水深及水底地形量測，藉由偵測水面及水底之回波時間間距求得空間距離以達探測水深效果。
    - (2) 測深光達之雷射光以藍綠光為主，綠光之穿透深度可達 50 公尺，藍光之穿透深度可達 200 公尺，跨河橋深度建議可採用綠光測深為主。
    - (3) 測深光達會受水面反射、水質情況、河床底質種類及河床地形型態而有所影響。
  7. 水下無人載具攝影
    - (1) 使用水下無人載具(Remotely Operated Vehicle, ROV)拍攝水下之河床、

橋台或橋墩基礎。

- (2) 適用於水流較緩且濁度較低之水域，由於水中能見度不佳，水下無人載具需非常接近被攝物方能取得較清晰之影像。
- (3) 無人載具之使用須符合政府相關法令之規定。

8. 專業潛水人員目視檢測

- (1) 由受過訓練之專業潛水人員潛入水中，直接目視檢測並拍攝河床、橋台或橋墩基礎。
- (2) 潛水人員之職業安全衛生事項，須依勞動部發布施行之相關規定辦理。

## 第六章 結構安全評估

### C6.1 一般說明

1. 橋梁檢測發現劣化現象，分析原因後，視需要進一步了解劣化對橋梁整體安全性之影響，得先辦理初步評估，仍有疑慮者，將依據橋梁現況材料特性等詳細檢測結果，依循相關規範及規定，對橋梁現況加以詳細評估。
2. 人行天橋結構安全評估得由人行天橋養護管理機關、人行天橋養護單位依需求委託專業單位辦理。

### C6.2 初步評估

1. 初步評估之目的為於短時間內篩選出抗災能力較差或安全風險較高之人行天橋，進一步辦理詳細評估以確認其安全性。初步評估結果在安全評定標準範圍以內之人行天橋，安全性無疑慮，無需辦理詳細評估。
2. 初步評估方法為簡便，且主要依據人行天橋基本資料、定期檢測或特別檢測結果，針對人行天橋安全相關指標進行簡便、快速之評估。可參考相關文獻所載初步評估表、易損性及風險等相關評估指標。

### C6.3 詳細評估

1. 當人行天橋安全性確有疑慮時，例如，初步評估指標超過特定標準，須依據詳細檢測結果，經由詳細模擬分析或實驗驗證等方法評估人行天橋安全性。
2. 一般性人行天橋之詳細評估包含針對上部結構之承載能力詳細評估，下部結構之耐震能力詳細評估與耐洪能力詳細評估。至於鋼結構人行橋梁，於特殊情況下有反覆荷載相關之疲勞安全疑慮時，辦理疲勞安全詳細評估。
3. 詳細評估前，須先對原有結構之使用材料及構造方式進行了解。

#### C6.3.1 承載能力詳細評估

1. 影響人行天橋承載能力因素很多，如人行天橋設計活載重、主梁有效預力、材料劣化、鋼材銹蝕及人行天橋使用狀況等。人行天橋原設計可查閱相關設計及竣工資料，材料劣化程度及強度降低之判定則有賴於事先正確之檢測結果。另外進行承載能力詳細評估前，對於人行天橋所在位置目前之限制措施等資料，亦要儘量蒐集完整，以期得到正確之評估結果。評估結果除可評估人行天橋承載能力是否符合載重需求外，亦可作為養護管理機關、養護單位限重之依據，或在目標活載重下，人行天橋各部位維修補強之參考。
2. 對人行天橋結構進行檢測後，認為有必要進行進一步承載能力詳細評估時，可採分析計算評估法進行人行天橋承載能力評估；評估時需採用最新之人

行天橋檢測結果，作為計算結構斷面、材料強度及邊界條件之依據。若分析計算評估法尚不足以判定人行天橋承載能力時，如老舊人行天橋，其設計資料不可考以致於無法得知其材料性質時，可採用人行天橋現地靜態載重試驗，對人行天橋結構施加载重，直接測定人行天橋承載能力。對於補強後之既有人行天橋，若其新舊構件間之交互影響及力量分配不易正確估計，或對於已明顯劣化之人行天橋，其力量傳遞及承載能力無法藉由分析計算方式估計時，亦可考慮進行靜態載重試驗以校正結構分析模型，作為後續極限承載能力評估依據。

3. 橋梁之振動頻率、振動模態、阻尼性質等基本動力特性可藉由對橋梁進行振動試驗，利用測振儀器量測及分析取得，做為佐證分析計算評估法及靜態載重試驗評估結果之輔助資訊。因損傷或劣化可能會改變橋梁基本動力特性，故振動試驗結果亦可用以評估損傷與劣化。
4. 現場靜態載重試驗具潛在危險，養護管理機關、養護單位及評估人員對可能之危險狀況須有所認知，事先針對公共安全、人身安全提出保護措施，對可能之結構損傷、交通中斷進行評估。下列情形不適合進行靜態載重試驗：
  - (1) 根據分析計算結果可以確定人行天橋已不堪使用。
  - (2) 人行天橋可能發生無預警之脆性破壞。
  - (3) 因工址之特殊交通狀況以致於在實際上不可行。
  - (4) 養護管理機關、養護單位判定為不適合者。

#### **C6.3.1.1 分析計算評估法**

一般採用分析計算評估法時，需先計算各控制構件或可能控制構件之構件承載能力評估係數 RF (Rating Factor)，再將各構件之 RF 值乘以評估時所採用之評估活載重，即可推估各構件所能承受之容許活載重；至於人行天橋整體允許通過之活載重則由整體橋梁構件容許活載重之最小值控制。

人行天橋承載能力評估方式可參考國內外相關準則及手冊，針對不同型式、設計年度及狀態之人行天橋選擇合適之評估方式。

#### **C6.3.1.2 靜態載重試驗**

1. 靜態載重試驗中，載重可分為車輛加載及重物直接加載兩種形式，車輛加載具有便於調整載重、加卸載迅速之優點；重物直接加載具有加載位置固定、容易控制之優點，惟試驗週期長、必須完全管制交通。因人行天橋大多無法駛進車輛，故其靜態載重試驗主要以重物直接加載為主。對於由車行改為人行橋梁者，必要且可行時得採車輛加載形式。
2. 靜態載重試驗時，無論採用何種方式，加載時之加載物應顧及均衡性。試驗過程中亦要蒐集各項紀錄，包括觀測數據、文字記載、圖片、照片等，以作為分析撓度、傾斜、變形及應力之用。

3. 經由靜態載重試驗，除可了解人行天橋結構之受力行為，藉以判斷人行天橋現存承載能力外，亦可檢驗人行天橋結構設計與施工的品質、驗證人行天橋結構設計理論和計算方法，進而將所得之結果回饋於日後之設計、施工與維護管理中。
4. 靜態載重試驗時，試驗載重形式之選擇，除依結構試驗目的之要求而決定外，也受現場條件或試驗設備影響。因此選擇試驗荷載之形式時，通常須與加載方法一起考慮。
5. 靜態試驗載重及加載方法之選擇應滿足下列幾項：
  - (1) 選用之試驗加載方法所產生之應力應儘可能與結構設計計算時之應力形式相同。
  - (2) 載重傳力方式及作用點應明確，使得產生之荷載數值穩定。當採用液壓加載時，載重數值會隨時間和結構變形而變化，因此須注意保持液壓之穩定。
  - (3) 為滿足量測精度之要求，必須選擇適當噸位之設備。加載設備中最大加載能力須大於試驗要求之最大荷載。
  - (4) 加載設備應操作方便，便於加載及卸載，且須能控制加載速度，又能滿足同時加載或先後加載之不同要求。
  - (5) 加載設備不僅應滿足強度要求，且因為應按照變形條件來控制加載設備之設計，必須保證加載設備之剛度，使荷載加大到一定程度時，不致發生變形過大或不穩定之現象。
6. 由於結構之承載能力及變形行為與所加載重之時間特性有關，因此必須審慎選擇加載程序，以便正確了解結構之承載能力及其變形行為。在試驗進行期間加載與時間之關係，如加載速度快慢、間歇長短、荷載大小、加卸載次數等都屬於加載程序。
7. 對於一般短期試驗，選擇加載程序時必須注意以下原則：
  - (1) 加載及卸載必須分次遞加及遞減，不宜一次完成。
  - (2) 每分次荷載間須有足夠間隔時間。
  - (3) 在標準荷載作用時，須有足夠之滿載間歇置留時間。
8. 試驗成果中，各項原始紀錄最為重要，包括觀測數據、文字記載、圖片、照片等，為了集中整理試驗數據，在試驗中可依據試驗目的及檢驗項目不同，分別編制各種試驗用表格。
9. 試驗結果分析必須計算下列各項：
  - (1) 結構系統之撓度。
  - (2) 測點應力之計算。
  - (3) 斷面應力之計算。

### C6.3.2 耐震能力詳細評估

養護管理機關、養護單位進行檢測後，可依相關規範或參考相關研究報告，如交通部「公路橋梁耐震設計規範」、原交通部台灣區國道新建工程局「公路

橋梁耐震性能設計規範研究」及交通部「公路橋梁耐震評估與補強設計規範」，並與時俱進，採用國內外更精進或更完善之方法進行耐震能力詳細評估。

### **C6.3.3 耐洪能力詳細評估**

養護管理機關、養護單位進行檢測後，可依相關規範或參考研究報告，如交通部「橋基保護工設計規範」之詳細規定，進行耐洪能力詳細評估。

### **C6.3.4 疲勞安全詳細評估**

養護管理機關、養護單位進行檢測後，可視需要進行疲勞安全詳細評估。國內鋼結構橋梁疲勞安全評估相關準則制定前，可參考國際間普遍採用之疲勞安全評估相關準則、手冊或報告，如 AASHTO 相關報告等，執行現地靜態載重試驗或利用數值模擬方式，進行疲勞安全詳細評估。惟若採用數值模擬方式時，進行疲勞安全詳細評估之應力差值需依據鋼結構橋梁實際結構細部型式之分析模型計算。

## 第七章 維修及補強

### C7.1 一般說明

1. 人行天橋經定期或特別檢測並辦理結構安全評估後，針對人行天橋結構安全性尚無疑慮而局部構件有劣損狀況時，應依據檢測評估結果，分析構件劣化損壞型態、原因及程度，選擇適合各構件現況之維修方法，防止人行天橋繼續劣化以滿足使用功能。
2. 人行天橋可能因原設計活載重比現在之活載重小，或因設計時所採用之設計地震力比現有規範規定者為小，或因劣化導致構件幾何或材料性質之改變等因素，造成原設計之承载力、或抗災能力等安全性不足，需進行補強，以提升人行天橋強度、勁度、韌性、分散構件之應力狀況，消散或阻隔災害作用能量，使人行天橋結構滿足使用性及安全性要求。補強規劃設計應包括全橋(含非補強範圍)劣損構件之維修。

### C7.2 緊急處置

緊急處置為針對所發現之構件損傷，在進行維修前會直接造成第三者生命、財物受到損害之狀態，或特別檢測判定有安全疑慮情況下，仍考量通行時採取之交通管制、架設臨時支撐或限行、限重等應對措施。

### C7.3 維修及補強原則

1. 大部分人行天橋損傷模式之維修及補強工法都有相關案例可參考。通常維修或補強均講究時效性，故可參考前例選用簡單、安全之工法；採用新工法時，需考量其可行性、安全性及其適用性。
2. 人行天橋之初始維修補強計畫宜盡量簡單、彈性、保守，以使將來可能發生之異動不致造成太大影響。
3. 決定修復及補強工法前，需先對其作業特性進行了解，包括交通條件、施工條件、技術條件、勞務條件等。
4. 人行天橋進行維修及補強施工時常須敲除、改造部分構件，故結構物於施工階段可能產生局部性或系統性弱點。因此維修及補強施工應妥為規劃，在各施工階段不得有影響公共安全之情形，必要時，加設足夠之臨時安全措施。
5. 維修及補強前，應根據構件劣化原因提出維修及補強方法，並考量整體景觀性。
6. 維修及補強材料常會引用國家標準(CNS)或美國 ASTM、日本 JIS 及 JSCE 標準等相關國際標準，或採用具專利、特定供應者之材料；如屬公共工程應注意政府採購法相關規定。由於各種維修及補強工程類型均不相同，不

易訂定完全通用之施工成品檢驗準則，相關資料仍應由專業技師確定其正確性、適用性及使用方法。

7. 修復及補強材料之選擇並非是最強之材料，而需考量進行修復及補強部位之原使用材料及現況，選擇與修復補強部位具相容性之修補材料，相似之物理與化學性質可使修補材料及原構件能有較佳之結合性，而維持構件原始設計要求。
8. 選擇修補材料須考慮修復補強程序，包括使用性、外在條件、修復補強後的承載能力、底材性質等因素，上述各項因素於修復補強過程中極為重要。

#### C7.4 混凝土構件維修

維修主要為防止人行天橋繼續劣化，以滿足使用功能及耐久性之對策。目前常用之維修工法如圖 C7.4.1 所示。維修工法常因劣化原因、損傷範圍、使用年限等一併考量決定。人行天橋養護管理機關、人行天橋養護單位進行混凝土構件維修作業時，除依據本規範規定之基本原則外，亦可參考其他相關規定或報告辦理。

##### 1. 混凝土剝落、鋼筋除銹維修工法

(1) 表面處理工法：表面處理工法之基本理念為經由表面處理，減少結構物日後損壞機率，通常於混凝土表面加以打毛，保持平整、乾燥、堅固及密實，若發現鋼筋裸露且發生腐蝕等現象，應先行除銹。表面處理工法可分為表面打毛及表面塗裝，說明如下：

- a. 表面打毛：混凝土表面處理可用人工打毛，再以高壓噴水、高速壓縮空氣吹淨等方法進行，最後完成表面修復。
- b. 表面塗裝：對於未發生危害而情況輕微之表層裂縫，可塗刷砂漿、塗料或類似環氧樹脂等化學藥品於裂縫表層以塗封裂縫，防止進一步惡化而導致缺陷產生。使用此法進行塗裝之有效期限較短，不符經濟效益。

(2) 剝落修補工法：剝落修補工法可分為填充工法、混凝土修復法、水泥砂漿修復法、混凝土接著劑修復法及環氧樹脂材料之修復法。當混凝土表層已不適用表面處理工法，或不宜以裂縫修復工法修復時（例如混凝土表面成片塊狀之剝離），須採用剝落修補工法。

(3) 鋼筋除銹：混凝土剝落成因通常為鋼筋腐蝕造成，所以進行剝落修補工法時需一併處理鋼筋銹蝕問題。腐蝕鋼筋表面清潔、刮除銹蝕部位後宜塗刷聚合物水泥漿（乳膠水泥漿）或富鋅塗料等，具有主動防止鋼筋生銹，且在鋼筋修復範圍附近應避免有陽極產生，適當黏滯性以提供被銹蝕鋼筋表面缺陷一個外層保護。塗層厚度宜小於 0.3 mm，以免影響鋼筋握裹強度。混凝土剝落區域，應待塗刷層乾燥 30 分鐘後，才可塗敷。

(4) 混凝土裂縫剝落維修前準備工作：

- a. 採取所有必要之防護措施，嚴重裂縫及損傷位置應先作好支撐。

- b. 清潔裂縫及周圍鬆弱混凝土，直到乾淨堅固之混凝土表面出現為止。
- c. 當需要更換鋼筋或增加鋼筋時，鋼筋附近之混凝土應去除至有足夠空間，使新增之鋼筋周圍足以澆置適當修補材料。
- d. 新澆置混凝土位置可以噴砂法或高壓水加以清潔。
- e. 有些構件須增加鋼筋及箍筋，以增加構件斷面強度。
- f. 使用樹脂、環氧樹脂砂漿、樹脂改良砂漿等作為修復材料。

## 2. 混凝土裂縫維修工法

鋼筋混凝土人行天橋構件之裂縫修復主要目的為恢復結構整體性、保持結構強度、耐久性及抗滲性。混凝土裂縫修復工法大致分為下列幾類：

- (1) 表面塗封法：採用抹漿、鑿槽嵌補、填縫等方法，使表面裂縫封閉。
- (2) 壓力灌漿修復法：壓力灌漿是以施加壓力之方式將漿液(如水泥、化學材料等)灌入構件內部損傷部位，以達到封閉裂縫之修復方法。對於已停止擴大裂縫(即穩定裂縫)，或無損及結構安全之裂縫，可用無收縮砂漿或膨脹性砂漿填補。壓力灌漿修復法包括水泥灌漿及化學灌漿，化學灌漿採用化學材料灌漿修復結構裂縫。化學灌漿施工機械簡單、操作簡便，應用日趨廣泛。
- (3) 注射工法：寬度較小之裂縫，可用注射環氧樹脂修復。注射前先將裂縫分成幾個區域，再將表面封閉僅留注射孔，以防注射材料漏出，注滿一區後，繼續進行下一區。注射工法及灌漿工法在觀念及作法上大同小異，基本差異在於裂縫之大小，裂縫較大時採用灌漿工法，裂縫較小時則採用注射工法。
- (4) 表面黏貼法：表面黏貼法是用接著劑將纖維強化高分子複合材料或鋼板等材料，黏貼在裂縫部位之混凝土表面上，既可達到封閉裂縫之目的，又能提高結構強度及勁度。進行表面黏貼前，應先對混凝土表面進行處理、清洗及裂縫修補。

## 3. 電化學工法

- (1) 陰極保護工法：陰極保護基本原理為借外加電流或犧牲陽極方式使鋼筋電位處於較低之陰極，而得到保護之一種工法。陰極保護能有效降低鋼筋腐蝕速率，無法讓已腐蝕鋼筋回復原有機能。
- (2) 還鹼工法：當混凝土發生中性化時，可利用含  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  電解滲透作用原理將鹼性電解質滲入混凝土孔隙中，恢復混凝土原有高鹼性並鈍化鋼筋。實際作法為在混凝土表面安裝含鹼性電解質儲存槽，並將一電極置於電解液中，利用直流電源在電解液中之電極與混凝土內部鋼筋間形成電場，使電解液中鹼性  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  陽離子滲入混凝土孔隙中。還鹼工法可參考 ACI 222.2R。
- (3) 脫鹽工法：應用電解滲透作用之原理，使鋼筋及混凝土中帶負電之氯離子經由混凝土孔隙移向正極，並集中在混凝土表面之電解質儲存槽中，藉此過程將鋼筋及混凝土中氯離子除去，避免鋼筋因氯離子存在而腐蝕。脫鹽工法相關資訊可參考 ACI 222.2R。

## 4. 鹼質粒料反應之修復工法

- (1) 人行天橋混凝土結構物發生鹼質粒料反應時，破裂模數及動彈模數可能急劇降低，混凝土因此產生裂縫，將增加外在氯離子之入侵機會，進而造成鋼筋腐蝕，降低結構物使用年限。此外，鹼質粒料反應使混凝土產生爆裂現象，更增加結構物之不安全性及影響觀瞻，當反應劇烈時，甚至會造成混凝土構造物崩毀，或再度因外力作用而損毀。
- (2) 確定混凝土結構物有鹼質粒料反應而尚不影響結構安全時，可進行下列步驟，或以電化學方法移除或取代混凝土結構物中之鹼離子。
  - a. 確認結構是否合乎原設計強度。
  - b. 減少所處環境溼度及水分，以減緩鹼質粒料反應之持續進行。
  - c. 進行裂縫填補。
  - d. 進行表面覆層工作。
  - e. 定期觀察。
- (3) 常見之鹼質粒料反應修復工法為表面被覆法、裂縫封阻法及裂縫封阻加表面被覆法。上述方法在於阻止水分進入，減緩反應程度。
  - a. 表面被覆法：表面被覆法所使用之材料以環氧樹脂以及高分子材料加水泥漿居多，表面封阻法僅能隔絕水進入混凝土內部，減緩或停止反應之繼續進行。若水分再進入時，反應將繼續進行，因此，表面被覆法之有效性會因封阻材料之耐久性、施工之良窳而決定其修復成效。
  - b. 裂縫封阻法：本法以加壓方式將封阻材料灌入裂縫中，其目的亦為防止水分進入混凝土中，以避免內部膠體吸水膨脹；另外，此法對於已降低之混凝土構造物強度，亦有提升效果。大部分使用之材料為：
    - (a) 環氧樹脂 (Epoxy)
    - (b) 高分子水泥漿 (Polymer Cement Paste)
    - (c) 兩液型或單液型填縫膠
  - c. 裂縫封阻加表面被覆法：本法係以上述二種方法合併使用，先以灌入方法將裂縫填塞，再以覆面材料將表面被覆，使用材料亦如前述。由於封阻和被覆同時施作，因此對於阻止水分功效較佳，對於抵抗混凝土發生鹼質與粒料反應所作之防水覆層材料需有下列幾項要求：
    - (a) 非滲透性材質
    - (b) 對混凝土裂縫有足夠抗張能力
    - (c) 耐久性佳 (如抗紫外線、不脫皮起泡)
    - (d) 足夠膠結力

### C7.5 鋼構件維修

1. 鋼構件之維修先取得鋼材之物性及化性，確認損傷原因及損傷程度後，選擇適當之維修方法，避免不當之維修方法對構件造成損傷。
2. 維修時鋼板或構件之接合方式以高強度螺栓接合為宜，若採用銲接接合時，應檢討銲接接合處之疲勞強度。

3. 鋼構件梁維修之施工作業須符合鋼結構施工相關規定。
4. 鋼構件常見之維修工法可參考表 C7.5.1。

## C7.6 鋼構件防蝕系統維修

進行鋼構件防蝕系統維修作業時，除依據本規範規定之基本原則外，亦可參考其他相關規定或報告。

### C7.6.1 塗裝劣化維修

1. 鋼橋常因其所在位置及環境之影響而導致腐蝕現象發生，一般均採用塗裝系統將鋼材與外界隔絕，藉以防止腐蝕，由於塗裝系統有其壽命，一旦塗裝系統破壞，可能危害構件之耐久性及強度。因此進行人行天橋例行檢測工作時，應特別注意塗裝系統是否劣化而導致鋼構件產生銹蝕現象。若其銹蝕現象經驗證尚未損及鋼材強度，應儘速就其發生位置提出塗裝系統維修方案。表 C7.6.1 為塗裝劣化原因及其處理對策。
2. 表面處理為影響塗裝耐久性之重要因素，依據舊塗裝膜之劣化程度適切地實行表面處理。在乾淨之塗裝面上塗裝可提高塗裝之附著力、充分發揮塗裝之防蝕性，因此，不論鋼材面或塗膜面，塗裝前均須先除去被塗面上之銹蝕、劣化塗裝膜、雜物、粉狀物及水分等，並適度地實施表面粗糙化作業。
3. 維修塗裝之表面處理方法及塗裝系統選擇，必須考量維修前塗膜之劣化程度。
4. 維修塗裝採用之塗裝系統宜與舊塗膜之塗裝系統相容，由於維修塗裝系統在架設現場施工，難有理想之表面處理，且易受環境因素影響，因此塗裝系統之選擇仍應配合現場之各項因素。表 C7.6.2 示者為各種塗裝塗料重漆之適合性，可供維修塗裝時選定塗料種類之參考。
5. 塗裝系統之維修對策分成以下二類：
  - (1) 全部塗裝。
  - (2) 局部塗裝：針對塗裝劣化較嚴重之部位，例如接頭位置、伸縮縫位置、鈹梁及箱梁之下翼板下面、及受漏水影響之橋面板部位等易產生銹蝕位置，進行局部塗裝。

### C7.6.2 熱浸鍍鋅劣化維修

1. 熱浸鍍鋅暴露於大氣中，將因鋅產生氧化而使鍍鋅層逐漸減少，或長期使用後鍍鋅層失去保護作用，致使鋼梁漸漸產生紅色銹層或鍍鋅層厚度小於  $10\mu\text{m}$  時，熱浸鍍鋅以熔射或油漆塗裝進行維修。
2. 鍍鋅層進行熔射或塗裝維修時，因熱浸鍍鋅鋼材上熔射或塗裝之附著性較差，直接在熱浸鍍鋅表面上進行維修時，應注意熔射與塗料之選擇及塗裝

方法。

3. 熱浸鍍鋅鋼梁於熔射前，須經噴砂以除去附著於鋼材表面之浮銹、氧化物等附著物，再儘快塗佈粗面形成劑，以增加熔射層之附著性。
4. 在熱浸鍍鋅面上進行塗裝作業時，必須充分考慮塗裝之前處理及底層、中層及面層所用之塗料種類。由於鍍鋅面與塗料之密著性較差，且如熱浸鍍鋅表面與漆膜之間有水分或鹽份，更易加速漆膜逐漸剝離，為使熱浸鍍鋅面上漆膜有最大持久力及耐腐蝕性，關鍵為確保鍍鋅表面及塗料之間之良好密著性。

### C7.6.3 金屬熔射劣化維修

金屬熔射材料有鋅、鋁或鋅鋁合金：

1. 鋼梁之金屬熔射防蝕系統是否需要維修，係依據紅銹發生面積而定，一般鋼梁產紅銹面積達 0.3%時，可考慮進行金屬熔射維修。
2. 金屬熔射作業依表面處理、熔射作業、封孔處理及表面塗裝等主要程序進行。
3. 為確保新熔射層及既有熔射層具有導電性，應確實除去既有熔射層上之封孔劑或塗裝，促使原有之熔射面完全露出。若原有熔射層發生起泡或鋼材已腐蝕，應將起泡部分之熔射層或銹蝕完全去除，若有鹽份存在，亦應進行除鹽分作業。

### C7.7 玻璃與木作材質橋面板或護欄維修及置換

玻璃橋面板及中重度木構材橋面板及護欄之損傷以更新置換為主要處置策略。針對輕微劣化之木材可進行維修。例如：約 3 mm至 5 mm裂縫者，採 Epoxy 接著劑裂縫灌注；約 5 mm以上裂縫或腐蝕者，得先切槽，須用材質相近之材料填補空隙，再注入 epoxy；另可加壓注入防蟲、防腐藥劑。

### C7.8 支承維修及置換

1. 人行天橋支承之功用除支撐上部結構外，亦為將上部結構所傳來之力傳遞至下部結構之重要構造。由於支承位於上部結構與下部結構之接點，上部結構與下部結構各自相異之位移亦集中於此處，故支承處最容易產生變形。若未針對支承變形原因了解，再進行適當之維修，則支承之變形極有可能再度發生，且實際案例顯示支承損壞對上部結構之影響遠大於分析設計階段之考量，因此支承之維修十分重要且須確實執行。
2. 支承損傷或功能喪失原因很多，在研擬支承維修對策前，應先對支承損傷原因進行了解，以便針對損傷原因提出適當之處理對策，決定支承維修及置換之流程可參考圖 C7.8.1。支承損傷之種類主要可歸納為下述幾項原因：

- (1) 支承底座之破損。
  - (2) 支承底座前方之混凝土剝離。
  - (3) 錨定螺栓之鬆脫或斷裂。
  - (4) 支承本體之破損。
  - (5) 支承之可動性不良。
  - (6) 支承位置錯移或傾斜。
3. 支承部維護補修工法選擇可分為以下四種情況：
- (1) 若為支承本體之損傷，如橡膠支承嚴重變形或老化，滾輪之移位脫落、軸承、上下承板之損傷等，宜將上部結構頂升並用臨時支承支撐，以置換新支承或損傷構件。若支承之主要部位損傷，而上部構造因故並無法進行頂升時，須考量整體結構配置，可於他處增設新支承。
  - (2) 對於螺栓、螺帽之鬆動脫落，錨定裝置之損傷等，可以不必將上部結構頂升而直接進行該構件之置換。
  - (3) 對於支承混凝土座之損傷，若上部結構之頂升可行，可在頂升上構並設置臨時支撐後，敲除損傷混凝土，再補強鋼筋、打設新拌混凝土。若上部結構之頂升不易進行，而支承本體並未受到損傷時，可採支承擴座並導入預力之方式進行補修。
  - (4) 對於支承混凝土座和水泥砂漿墊輕微之破損，可以環氧樹脂填充，防止破損繼續擴大。若混凝土座破損之原因為其寬度不足，宜進行支承座之擴座。
4. 一般支承置換注意事項如下：
- (1) 若鋼製支承已有明顯之斷面損失與劣化、橡膠支承之彈性體已產生裂縫、盤式支承之密封環及橡膠墊已損傷等，均宜更換新支承。支承之滑動面若已產生坑洞以至於無法發揮其正常功能時亦須予以置換。新支承並不需要與原支承同型式，新支承儘量符合以下四項要求：
    - a. 支承功能符合要求。
    - b. 支承材料對於所屬環境適當。
    - c. 支承高度合宜。
    - d. 支承型式適合於既有下部結構。
  - (2) 更換支承時均先頂升上部結構，使來自上部結構之外力先行釋放，並架設其他臨時支撐。
  - (3) 在大部分情況下，若更換支承時有提供臨時支承，則無須完全封閉人流。若在同一支承線上有多於一個以上之支承須更換，最好在同一時間僅更換一個支承。當進行頂升作業時，需考量交通狀況、施工條件及安全性，必要時將人流導引至其他區域，直至上部結構就定位且適當地支撐後，才恢復正常通行。另外整個支承線應儘量同時頂升，以降低不均勻頂升產生之應力造成橋面板開裂。

## C7.9 伸縮縫維修及置換

1. 伸縮縫雖為人行天橋結構中之一小構件，惟當其發生損傷時，對行人安全性及舒適性將產生極大影響。例如當其產生裂縫而發生滲漏時，其下方之結構構件容易發生劣化；當其無法依原設計進行伸縮時，人行天橋構件很容易承受過大應力而破壞；伸縮縫若於橋面產生高低差時，亦容易影響行人安全，甚至影響橋下人車安全。故於發現伸縮縫損傷時，應適時進行適當之維修或置換。
2. 伸縮縫進行維修或置換視其損傷程度及經濟性而定。一般先清理伸縮縫開口部位之淤積，以恢復其伸縮量；如伸縮縫已嚴重損害而功能完全喪失時，則置換新伸縮縫。若伸縮縫之損傷未達需置換之程度，考量新伸縮縫壽命比維修後之伸縮縫長，在仔細評估維修及置換伸縮縫個別之生命成本，並配合考量橋面板剩餘年限後，再選擇進行維修或直接置換伸縮縫。
3. 依據伸縮縫劣化程度，有下列修復層級：
  - (1) 局部修補：當伸縮縫於檢測後經研判暫時無需更換伸縮縫，或必須更換伸縮縫而短期無法更換，仍可視需要進行局部修補以阻止劣化繼續擴大。當混凝土基座之表面或基座與伸縮縫之本體間有凹陷、中空現象、表層泥漿散失、混凝土剝落、骨材外露、鋼筋外露或裂縫之現象發生時，可以適當強度之水泥砂漿或環氧樹脂砂漿補平、以環氧樹脂灌注、或以適當材料及工法修補之。
  - (2) 局部置換：當伸縮縫於檢測後經研判暫時無需對伸縮縫作整體更換，或必須整體更換而短期無法進行，可視需要進行局部置換以阻止損壞繼續擴大。
  - (3) 整體置換：當伸縮縫於檢測或局部修補、置換後經研判須對伸縮縫立即作整體更換時，進行整體置換動作。

#### **C7.10 結構補強**

1. 補強主要為提升人行天橋之強度、勁度、韌性、分散構件之應力狀況、消散或阻隔災害作用能量，使人行天橋結構滿足使用性及安全性之需求。目前常用之補強工法並無統一分類標準，參考國內外參考資料約可分類如圖 C7.10.1 所示。一般而言，根據檢測及安全評估結果，視結構物損傷部位、程度及原因、結構型式、鄰近環境及交通量等條件，綜合考量以決定所採用之補強方式。
2. 人行天橋結構補強對策可分類為構件補強及橋梁振動單元之結構系統補強二大類。其中，橋梁構件補強可區分為上部結構補強及下部結構補強；結構系統補強係於耐震補強時，利用反力分散或隔減震支承補強等方法為主，用以降低或改變橋梁振動單元之受力行為：
  - (1) 上部結構補強：上部結構補強之主要對策及工法分類，詳表 C7.10.1 所示。
  - (2) 下部結構補強：下部結構補強之主要對策及工法分類，詳表 C7.10.2 及表 C7.10.3 所示。惟基礎結構補強費用昂貴，施工困難，故應力求基礎結構不需補強，例如：上部結構及墩柱之耐震補強設計，不宜額外增加

傳遞至基礎系統之地震需求，必要時應採分散地震力補強方案。

(3) 人行天橋振動單元之結構系統補強：結構系統補強係於耐震補強時，利用反力分散或隔減震支承補強等方法為主，用以降低或改變人行天橋振動單元之受力行爲。藉由變更結構系統方式以達到減少傳遞力量至承載能力不足之下部結構構件，並避免進行基礎補強，用以增加人行天橋結構安全性；惟人行天橋基本資料若不夠齊全，或竣工圖說不完整之狀況下，會增加結構系統補強之不確定性。對於常時承載能力不足之基礎構件，其補強工法則仍須參考前述下部結構基礎補強內容進行補強工作。目前結構系統補強主要觀念皆為更換功能性支承，減少水平力傳遞至下部結構，常見之結構系統補強工法有地震力分散工法及隔減震補強工法，補強工法設計依橋梁耐震設計相關規範辦理。

3. 進行鋼結構補強前，須先對原有結構之使用材料及構造方式進行了解。鋼結構之結構構件或接頭部位因活載重反覆作用產生疲勞損傷時，應檢討其發生原因，評估損傷可能繼續發展之趨勢，並妥為處理。若經疲勞損傷評估後判斷有補強之必要時，應針對發生原因選擇合適之補強工法。人行鋼結構橋梁常見之補強工法可參考表 C7.10.4。

表 C3.2.1 間接目視檢測對策

狀態	阻礙原因	主要檢測部位	主要對策
橋墩過高、 橋面過寬、 中央分隔島翼 板處	高空作業車 和橋梁檢測 車無法抵達	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 橋梁下部結構(橋墩過高時)</li> <li>• 橋梁上部結構(橋墩過高時、中 央分隔島翼板處、橋面過寬時 內側處)</li> <li>• 橋面板(橋面過寬時內側處)</li> <li>• 支承(橋墩過高時)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 望遠鏡</li> <li>• 高解析度相機</li> <li>• 無人遙控載具</li> <li>• 長桿攝影機</li> </ul>
	橋梁下空間 不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 橋梁上部結構(橋下為鐵路、橋 下為建築物、橋下淨高過小)</li> <li>• 橋面板(橋下為鐵路、橋下為建 築物、橋下淨高過小)</li> <li>• 支承(橋下為鐵路、橋下為建築 物、橋下淨高過小)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 望遠鏡</li> <li>• 高解析度相機</li> <li>• 水上無人遙控載具</li> <li>• 長桿攝影機</li> </ul>
狹小處	檢測人員無 法進入	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 橋梁上部結構(PC 鋼腱錨碇的 部分、中央分隔島緣石和欄 杆、箱梁內部)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高解析度相機</li> <li>• 無人遙控載具</li> <li>• 長桿攝影機</li> <li>• 工業內視鏡</li> </ul>
隱蔽處	隔音牆、裝飾 板等遮蓋(補 強用材料不 屬此範疇)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 橋梁下部結構(裝飾板遮蓋)</li> <li>• 橋梁上部結構(隔音牆或裝飾 板遮蓋)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 移除裝飾板(當可移 除時)</li> <li>• 工業內視鏡</li> </ul>

表 C3.3.1 橋梁定期檢測評等準則

	0	1	2	3	4
D	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損壞
E	無法檢測*	10%以下	10%~30%	30%~60%	60%以上
R	無法判定重要性	微	小	中	大
U	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

\*E=0，為此構件裂化範圍無法直接目視評等，如地面以下之橋台基礎或橋墩基礎等構件。

表 C3.3.2 主構件(主梁)/橫桿劣化評等(RC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2-3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	3-4	3-4
混凝土剝 落、鋼筋外 露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響橋下人車安全。	4	3-4	3-4
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.1、圖 C3.3.3、圖 C3.3.4

註：本表所稱橫桿為拱橋之構件。

表 C3.3.3 主構件(主梁)劣化評等(PC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2-3	3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	3-4	3-4
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋、鋼腱或錨 碇外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響橋下人車安全。	4	3-4	3-4
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.1、圖 C3.3.5、圖 C3.3.6、圖 C3.3.7、圖 C3.3.8

表 C3.3.4 副構件(橫隔梁)劣化評等(RC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	1-2	1-2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	2-3	3
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	2	2
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響橋下人車安全。	4	2-3	3
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.5 橋台劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2-3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	3-4	3-4
混凝土剝落、破碎、鋼筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。	4	3-4	3-4
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.9

表 C3.3.6 橋台基礎劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
基礎沖刷、裸露、掏空	沉箱或樁基礎有局部的輕微沖刷，但露出部分未超過原設計長度的 1/5。 擴展基腳因沖刷導致局部基腳露出。	2	2	1-2
	沉箱或樁基礎有局部沖刷情形，露出部分超過原設計長度的 1/5，但未超過原設計長度的 1/3。 擴展基腳因沖刷導致基腳露出，但未達基腳底部。	3	2-3	2-3
	沉箱或樁基礎沖刷已造成基礎裸露深度超過原設計長度的 1/3。 擴展基腳因沖刷導致基腳露出，裸露深度已達基腳底部。	4	3-4	3-4
	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
混凝土結構裂縫	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2-3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	4	3-4	3-4
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	嚴重裂縫。			
混凝土剝落、破碎、鋼筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。	4	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.10、圖 C3.3.11

表 C3.3.7 翼牆/擋土牆劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2-3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	3-4	3-4
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。	4	3-4	3-4
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.12

表 C3.3.8 橋墩/帽梁/立柱劣化評等(RC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2-3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	3-4	3-4
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響橋下人車安全。	4	3-4	3-4
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
墩柱傾斜、 沉陷	墩柱輕微傾斜或沉陷，尚不影響橋上行人及橋下人車安全。	2	2	2
	橋面與欄杆有分離、下陷，恐影響橋上行人及橋下人車安全。	3	2-3	2-3
	傾斜或沉陷異常，嚴重影響橋上行人及橋下人車安全。	4	4	4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.13、圖 C3.3.14、圖 C3.3.15、圖 C3.3.16

註：本表所稱立柱為上路式及中路式拱橋之立柱。

表 C3.3.9 橋墩/帽梁劣化評等(PC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2-3	3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	3-4	3-4
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋、鋼腱或錨 碇外露外 露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響橋下人車安全。	4	3-4	3-4
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
墩柱傾斜、 沉陷	墩柱輕微傾斜或沉陷，尚不影響橋上行人及橋下人車安全。	2	2	2
	橋面與欄杆有分離、下陷，恐影響橋上行人及橋下人車安全。	3	2-3	2-3
	傾斜或沉陷異常，嚴重影響橋上行人及橋下人車安全。	4	4	4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.13、圖 C3.3.14、圖 C3.3.15、圖 C3.3.16

表 C3.3.10 橋墩基礎劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
基礎沖刷、 裸露、掏空	沉箱或樁基礎有局部的輕微沖刷，但露出部分未超過原設計長度的 1/5。 擴展基腳因沖刷導致局部基腳頂部露出。	2	2	1-2
	沉箱或樁基礎有局部沖刷情形，露出部分超過原設計長度的 1/5，但未超過原設計長度的 1/3。 擴展基腳因沖刷導致局部基腳露出，但未達基腳底部。	3	2-3	2-3
	沉箱或樁基礎沖刷已造成基礎裸露深度超過原設計長度的 1/3。 擴展基腳因沖刷導致基腳露出，裸露深度已達基腳底部。	4	3-4	3-4
	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2-3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	4	3-4	3-4
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	嚴重裂縫。			
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。	4	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.11

表 C3.3.11 橋面板劣化評等(RC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2	2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2-3
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	3-4	3-4
混凝土剝 落、鋼筋外 露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3	3
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響橋下人車安全。	4	3-4	3-4
滲水、白華	滲水及白華。	2	1-2	1-2
	滲水及白華且銹水流出。	3	2-3	2-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.17

表 C3.3.12 引道路堤保護措施劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
滑動或沉陷 或遺失	由於路堤沉陷導致保護措施輕微損壞。	2	1-2	1-2
	局部保護設施遭破壞、移動或遺失。	3	2	2
	大部分之保護設施遭受破壞、移動或移除。	4	2-3	2-3
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象	2	1-2	1-2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	2-3	3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.13 護欄劣化評等(RC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	1-2	1-2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	2-3	3
混凝土剝 落、破碎、 鋼筋外露、 銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	1-2	1-2
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	2	2
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或影響橋下人車安全。	4	2-3	3-4
護欄損傷	部份聯結護欄與支柱間或是護欄與護欄間的螺栓 有鬆動現象；須予以鎖緊。 由於交通引起之輕微損壞，護欄需重新排列整齊。	2	1	2-3
	護欄嚴重凹陷。	3	2	3
	護欄脫離支柱，無法發揮其功能。	4	3	3-4
螺栓損傷、 欠缺或鬆動 或護欄脫落	固定螺栓等設施鬆動。	2	1-2	1-2
	螺栓損傷、欠缺及鬆動，對橋上行人及橋下人車 尚無影響。	3	2	3
	螺栓損傷、欠缺及鬆動，已影響橋上行人及橋下 人車安全。	4	3	3-4
支柱損壞	只有一處單一支柱破損。	2	1-2	1-2
	任何一處緊鄰的兩支柱破損。	3	2	3
	任何一處三支或更多的支柱破損。	4	3	3
生銹或腐蝕	全面點狀生銹或點狀腐蝕。	2	1	1
	全面性生銹或顯著腐蝕。	3	2	2
	嚴重銹蝕已造成構件斷面減少或斷裂。	4	2-3	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.14 主構件(主梁)/橫桿劣化評等(鋼結構)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
構件損傷 (挫屈、變形)	構件輕微挫屈或變形。	2	2	2
	構件明顯挫屈或變形。	3	3	3
	構件嚴重挫屈、嚴重變形或斷面減少。	4	3-4	3-4
構件裂縫	構件裂縫。	4	4	4
銲接處損傷	銲道有塗裝裂紋或剝落未見裂紋。	2	2	2
	銲道塗裝剝落且有銹蝕或凹損傷。	3	3	3
	銲道有裂縫。	4	4	4
螺栓損傷、 欠缺及鬆動	螺栓損傷、欠缺，不影響主梁的穩定性。	2	1-2	1-2
	螺栓損傷、欠缺，可能影響主梁的穩定性。	3	2-3	3
	持續性損傷，已影響主梁的穩定性。	4	4	3-4
塗裝劣化、 生銹或腐蝕	塗裝剝落或龜裂或變色或點狀腐蝕（銹斑）。	2	1-2	1-2
	全面發生腐蝕現象。	3	2-3	2-3
	腐蝕已發生膨脹剝落現象。	4	3	3
積水或漏水	少許積水或漏水。	2	1	1
	顯著積水或漏水。	3	1-2	2-3
異常聲音 異常振動	有異常之金屬吱嘎聲音發生。	2	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	3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.18、圖 C3.3.19、圖 C3.3.20、圖 C3.3.21、圖 C3.3.22、圖 C3.3.23

註：本表所稱橫桿為拱橋之構件。

表 C3.3.15 副構件(橫隔梁)/斜撐劣化評等(鋼結構)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
構件損傷 (挫屈、變形)	構件輕微挫屈或變形。	2	2	2
	構件明顯挫屈或變形。	3	3	3
	構件嚴重挫屈、嚴重變形或斷面減少。	4	3-4	3-4
構件裂縫	構件裂縫。	4	4	3-4
銲接處損傷	銲道有塗裝裂紋或剝落未見裂紋。	2	2	2
	銲道塗裝剝落且有銹蝕或凹損傷。	3	3	3
	銲道有裂縫。	4	4	4
螺栓損傷、 欠缺及鬆動	螺栓損傷、欠缺，不影響構件的穩定性。	2	1-2	1-2
	螺栓損傷、欠缺，可能影響構件的穩定性。	3	2-3	3
	持續性損傷，已影響構件的穩定性。	4	4	3-4
塗裝劣化、 生銹或腐蝕	塗裝剝落或龜裂或變色或點狀腐蝕（銹斑）。	2	1-2	1-2
	全面發生腐蝕現象。	3	2-3	2-3
	腐蝕已發生膨脹剝落現象。	4	3	3
積水或漏水	少許積水或漏水。	2	1	1
	顯著積水或漏水。	3	1-2	1-2
異常聲音	有異常之金屬吱嘎聲音發生。	2	1	1
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.18、C3.3.20、C3.3.21、C3.3.22

表 C3.3.16 橋墩/帽梁/立柱劣化評等(鋼結構)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
構件損傷(挫屈、變形)	構件輕微挫屈或變形。	2	2	2
	構件明顯挫屈或變形。	3	3	3
	構件嚴重挫屈、嚴重變形或斷面減少。	4	3-4	3-4
構件裂縫	構件裂縫。	4	4	4
銲接處損傷	銲道有塗裝裂紋或剝落未見裂紋。	2	2	2
	銲道塗裝剝落且有銹蝕或凹損傷。	3	3	3
	銲道有裂縫。	4	4	4
螺栓損傷、欠缺及鬆動	螺栓損傷、欠缺，不影響墩柱的穩定性。	2	1-2	1-2
	螺栓損傷、欠缺，可能影響墩柱的穩定性。	3	2-3	3
	持續性損傷，已影響墩柱的穩定性。	4	4	3-4
塗裝劣化、生銹或腐蝕	塗裝剝落或龜裂或變色或點狀腐蝕(銹斑)。	2	1-2	1-2
	全面發生腐蝕現象。	3	2-3	2-3
	腐蝕已發生膨脹剝落現象。	4	3	3
墩柱變形、沉陷	墩柱輕微沉陷尚不影響橋上行人及橋下人車安全。	2	2	2
	橋面與欄杆有分離、下陷，恐影響橋上行人及橋下人車安全。	3	2-3	2-3
	沉陷異常，嚴重影響橋上行人及橋下人車安全。	4	4	4
積水或漏水	少許積水或漏水。	2	1	1
	顯著積水或漏水。	3	1-2	2-3
異常聲音、異常振動	有異常之金屬吱嘎聲音發生。	2	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	3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.24

註：本表所稱立柱為上路式及中路式拱橋之立柱。

表 C3.3.17 橋面板劣化評等(木材)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
木材開裂、剝落、破碎、蟲蛀、腐蝕、植物附著生長以及接合處損傷	輕微劣化 (破裂長度 30%以內，腐朽面積 25%以內，蟲害厚度 30%以內，接合部件輕微鬆動)。	2	2-3	2-3
	中重度劣化 (斷裂，大面積破碎、嚴重腐蝕、蟲蛀或有植物附著生長，接合部件嚴重鬆脫、腐蝕、鏽蝕。)	3-4	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.18 護欄劣化評等(木材)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
木材開裂、剝落、破碎、蟲蛀、腐蝕、植物附著生長以及接合處損傷	輕微劣化 (破裂長度 30%以內，腐朽面積 25%以內，蟲害厚度 30%以內，接合部件輕微鬆動)。	2	2	2
	中重度劣化 (斷裂，大面積破碎、嚴重腐蝕、蟲蛀或有植物附著生長，接合部件嚴重鬆脫、腐蝕、鏽蝕。)	3-4	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.19 橋面板劣化評等(玻璃)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
玻璃裂縫、剝落、破碎以及接合處損傷	輕微劣化 (輕微表面裂縫，接合部件輕微鬆動)	2	2-3	2-3
	中重度劣化 (玻璃破碎，接合部件嚴重鬆脫、腐蝕、鏽蝕。)	3-4	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.20 護欄劣化評等(玻璃)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
玻璃裂縫、剝落、破碎以及接合處損傷	輕微劣化 (輕微表面裂縫，接合部件輕微鬆動)	2	2	2
	中重度劣化 (玻璃破碎，接合部件嚴重鬆脫、腐蝕、鏽蝕。)	3-4	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.21 支承/支承墊/阻尼裝置劣化評等

劣化類型	劣化狀況		D 值	R 值	U 值
支承裝置損傷	支承裝置發生破損、變形、沉陷等損傷但無功能性障礙。 支承裝置無破損、變形、沉陷等損傷，但固定支承功能阻礙。		2	1-2	1-2
	支承裝置發生破損、變形、沉陷等損傷且造成功能性障礙。 支承裝置無破損、變形、沉陷等損傷，但可動支承功能阻礙。		3	3	2-3
	支承裝置嚴重破損、變形、沉陷，失去傳力及限制功能。		4	3	3-4
螺栓損傷、欠缺、鬆動	螺栓、螺帽鬆動。		2	1-2	1-2
	螺栓、螺帽欠缺、銹蝕、斷裂。		3	2	3
	螺栓、螺帽全部脫落或銹蝕斷裂。		4	3-4	3-4
生銹或腐蝕	支承裝置點狀生銹。		2	1-2	1-2
	支承裝置部分腐蝕，可能阻礙轉動及移動功能。		3	3	2
	支承裝置全面腐蝕，已阻礙轉動及移動功能。		4	3	3-4
支承座、支承端部損傷	支承座、支承端部混凝土裂縫或損傷。 支承座砂漿墊有裂縫。		2	1-2	1-2
	支承座、支承端部混凝土有大面積之裂縫。		3	3	2-3
	支承座混凝土剝離或有顯著裂縫，有落橋危險。 支承之底板顯著破損。		4	4	4
塵土、雜物、植生堆積	塵土、雜物、植生堆積。		2	1-2	1-2
	塵土、雜物、植生堆積，造成功能阻礙。		3	2-3	2
異常聲音	異常聲音。		2-3	1-3	1-3
移動異常	上部結構因溫度變化而碰觸，可能會有損傷。		2	1	2
	上部結構於常時已碰觸。樺槽和推力板接合不良，產生之巨大作用力傳遞到下部結構。		3	2	3
	上部結構異常位移，支承位移已達極限容許位移量，並有繼續位移之可能，有落橋危險或碰觸造成嚴重損壞。		4	4	4
阻尼裝置 (包含如地震力分散裝置 (LOCK-UP DEVICE)等)	漏油	若干漏油發生。	2	2	1-2
		顯著漏油發生。	3	3	2-3
	生銹或腐蝕	全面發生浮起生銹。	2	1-2	1-2
		腐蝕伴隨生銹全面發生。	3	2-3	2-3
	移動異常	功能有障礙。	3	3	3
顯著功能障礙。		4	4	3-4	
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的劣化損傷。		2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。		4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.25

表 C3.3.22 防落設施劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
防止落橋裝置損傷	輕微損傷發生。	2	1-2	1-2
	顯著損傷發生。	3	2	3
	明顯失去功能。	4	4	3
混凝土裂縫 (止震塊)	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	1-2	1-2
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2	2
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	4	2-3	3
	嚴重裂縫。	4	2-3	3
螺栓損傷、欠缺、鬆動	螺栓孔發生偏移。	2	1-2	1-2
	螺栓栓得太緊或鬆動。	3	2	3
	螺栓欠缺。	4	4	3-4
生銹或腐蝕	發生浮起生銹或可擦拭去之生銹。	2	1-2	1-2
	全面點狀生銹或點狀腐蝕。	3	2	3
	全面性生銹或顯著腐蝕。	4	3	3
移動異常	功能有障礙。	3	2	3
	顯著功能障礙。	4	3	3-4
異常聲音	異常聲音。	2-3	1-3	1-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的劣化損傷。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.23 伸縮縫劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
伸縮縫裝置 損傷(變形、 生鏽、腐蝕)	發生損傷。 發生大範圍生鏽。 發生點狀腐蝕。	2	1-2	1-2
	發生顯著損傷。 發生大範圍顯著之生鏽及腐蝕。	3	2	2
	伸縮縫有顯著之損傷，或可能持續進行，並造成交通之障礙。	4	3-4	3-4
螺栓、錨碇螺 栓損傷、欠 缺、鬆動	有螺栓損傷、欠缺、鬆動。	2	1-2	1-2
	同一位置有兩個以上螺栓損傷、欠缺或鬆動。	3	2	2
	同一位置有多數螺栓損傷、欠缺或鬆動，並造成橋上行人及橋下人車安全危險。	4	3-4	3-4
襯墊片或端 部構件損傷	有損傷。	2	1-2	1-2
	顯著損傷發生。	3	2-3	2-3
高低差	輕微高低差。	2	1-2	1-2
	明顯高低差但不影響橋上行人及橋下人車安全。	3	2	3
	嚴重高低差且影響橋上行人及橋下人車安全。	4	3-4	3-4
伸縮縫間隙 異常	伸縮縫間隙異常，惟對伸縮縫裝置尚無不良影響	2	1-2	1-2
	伸縮縫間隙異常，對伸縮縫裝置有不良影響或伸縮縫可能接觸。	3	2	3
	間隙太大而有大衝擊聲音。 間隙閉塞，可能產生設計值以上之應力。	4	3-4	3-4
異常聲音	有異常聲音。	2-3	1-3	1-3
漏水	有漏水或止水設施有損傷。	2	2	2
	有顯著漏水或止水設施損傷使功能降低。	3	3	3
伸縮縫間雜 物堆積	塵土、雜物堆積。	2	1	1-2
	塵土、雜物掩埋，造成功能障礙。	3	2-3	2-3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的劣化損傷。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

劣化損傷可參考圖 C3.3.26

表 C3.3.24 引道路堤劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
路堤損傷	路面不平整，形成波浪狀。	2	1-2	1-2
	路面與欄杆、緣石有分離、下陷。	3	2	2-3
	沉陷異常，影響橋上行人及橋下人車安全。	4	3	3-4
植物生長	植物生長覆蓋路肩。	2	1-2	1-2
	植物生長，路面部分覆蓋。	3	3	2-3
	植物生長，路面大部分覆蓋。	4	3	3
沖刷或侵蝕	輕微的沖刷或侵蝕，並沒有局部崩塌之現象。	2	1-2	1-2
	嚴重的沖刷或侵蝕，邊坡穩定但有局部崩塌之可能或現象。	3	3	3
	嚴重的沖刷或侵蝕，邊坡陡峭或過度傾斜。邊坡不穩定，或已局部塌陷。	4	3	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的劣化損傷。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.25 河道劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
河道沖淤或變遷	河道局部沖淤或輕微變遷，不影響河流及洪水通行。	2	1-2	1-2
	河道局部沖淤或明顯變遷，影響洪水通行或影響橋基安全。	3	1-2	2-3*
	河道嚴重沖淤，阻礙洪水通行或嚴重影響橋基安全。	4	3	3-4*
堤防沖刷或侵蝕	輕微沖刷或侵蝕，並沒有崩塌之可能。	2	1-2	1-2
	中度沖刷或侵蝕，邊坡穩定但有局部崩塌之潛勢。	3	1-2	2-3*
	嚴重的沖刷或侵蝕，邊坡陡峭或過度傾斜。邊坡不穩定且發生崩塌，已嚴重影響使用功能。	4	3	3-4*
所轄範圍河道之潛壩、固床工、河堤建造物等	具輕微劣化情形，尚無立即影響橋梁安全之虞，但需紀錄並列入後續觀察重點。	2	1-2	1-2
	存在中度劣化情形，不排除已有或將有影響橋梁安全之疑慮，應即刻通報相關管理機關。	3	1-2	2-3*
	已失去保護橋梁功能。	4	3	3-4*
上下游開採砂石	距橋址處約 500 公尺以內。	3-4	3	3-4*
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的劣化損傷。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4*

\*應通知相關管理機關進行處置。

表 C3.3.26 橋墩/橋基保護設施劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
保護設施損壞、移動或遺失	保護設施輕微破壞。	2	1-2	1-2
	局部保護設施遭洪水破壞、移位或沖失。	3	2-3	2-3
	大部分保護設施遭洪水破壞、移位或沖失，失去保護功能。	4	3-4	3-4
防撞鋼板損傷	鋼板發生輕微損傷、變形或凹陷，不影響其保護功能性。	2	1-2	1-2
	鋼板發生顯著損傷、變形或翹曲，造成部分鋼板與橋墩輕微脫離，保護功能已降低。	3	2-3	2-3
	鋼板已嚴重扭曲、變形或脫落，喪失保護橋墩之功能性。	4	3-4	3-4
其他損傷	因橋基保護設施的損毀或沖失，導致局部沖刷加劇。	3	2-3	2-3
	橋基護床工的毀損造成向源侵蝕，於下次洪水衝擊時，恐危及橋梁之穩定性。	4	4	4

表 C3.3.27 橋梁排水設施劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
排水設施阻塞或功能性降低	排水孔部分功能降低，稍有積水現象，但排水設施仍具有功能。	2	1-2	1-2
	排水設施部分功能嚴重降低，已有部分嚴重積水現象。	3	2-3	2-3
	排水設施完全失去排水功能。	4	3	3
排水設施損傷	排水設施輕微損傷。	2	1-2	1-2
	排水設施破損、脫落或腐蝕。	3	2-3	2-3
	排水設施完全損壞或脫落，喪失功能。	4	3	3
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的劣化損傷。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.28 橋梁照明設施劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
燈桿損傷	燈桿輕微破損，尚未影響功能。	2	1-2	1-2
	燈桿破損嚴重，功能大幅降低。或影響橋上行人及橋下人車安全。	3~4	3	3~4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的劣化損傷。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.29 雨遮劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
支撐構架破損、永久變形	局部支撐構架損傷(開裂、破損、鏽蝕或塗裝劣化)輕微。	2	2~3	2~3
	支撐構架損傷嚴重，或有永久變形。	3~4	3~4	4
連接件或填縫材鬆脫、劣損，接縫滲漏	連接件或填縫材鬆脫、劣損，接縫輕微滲漏，局部遮雨功能降低。	2	2~3	2~3
	連接材鬆脫、劣損，接縫滲漏嚴重，遮雨功能大幅降低或喪失。	3~4	3~4	4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3	3-4

表 C3.3.30 路面劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
裂縫、剝落、坑洞	局部輕微裂縫，尚未影響使用功能與行人安全。	2	1~2	1~2
	面材剝落、坑洞，影響行人安全。	3~4	3~4	4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	1-2	1-2
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	3~4	3	3-4

表 C3.3.31 橋塔劣化評等(RC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2-3	2-3
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2-3	3-4
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	4	4	4
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。			
混凝土剝落、破碎、鋼筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	2-3	2-3
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3-4	3-4
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響行人或橋下人車安全。	4	4	4
滲水、白華	滲水及白華。	2	2-3	2-3
	滲水及白華且銹水流出。	3	3-4	3-4
橋塔傾斜、沉陷	橋塔輕微傾斜或沉陷，尚不影響行車安全。	2	2-3	2-3
	橋面與欄杆有分離、下陷，恐影響行車安全。	3	3-4	3-4
	傾斜或沉陷異常，嚴重影響行車安全。	4	4	4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	2-3	2-3
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3-4	4

表 C3.3.32 橋塔劣化評等(PC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2-3	2-3
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	3-4	3-4
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	4	4	4
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。			
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋、鋼腱或錨 碇外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	2-3	2-3
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3-4	3-4
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響行人或橋下人車安全。	4	4	4
滲水、白華	滲水及白華。	2	2-3	2-3
	滲水及白華且銹水流出。	3	3-4	3-4
橋塔傾斜、 沉陷	橋塔輕微傾斜或沉陷，尚不影響行車安全。	2	2-3	2-3
	橋面與欄杆有分離、下陷，恐影響行車安全。	3	3-4	3-4
	傾斜或沉陷異常，嚴重影響行車安全。	4	4	4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	2-3	2-3
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3-4	4

表 C3.3.33 橋塔劣化評等(鋼結構)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
構件損傷(挫 屈、變形)	構件輕微挫屈或變形。	2	2-3	2-3
	構件明顯挫屈或變形。	3	3-4	3-4
	構件嚴重挫屈、嚴重變形或斷面減少。	4	4	4
構件裂縫	構件裂縫。	4	4	4
銲接處損傷	銲道有塗裝裂紋或剝落未見裂紋。	2	2-3	2-3
	銲道塗裝剝落且有銹蝕或凹損傷。	3	3-4	3-4
	銲道有裂縫。	4	4	4
螺栓損傷、欠 缺及鬆動	螺栓損傷、欠缺，不影響墩柱的穩定性。	2	2-3	2-3
	螺栓損傷、欠缺，可能影響墩柱的穩定性。	3	3-4	3-4
	持續性損傷，已影響墩柱的穩定性。	4	4	4
塗裝劣化、生 銹或腐蝕	塗裝剝落或龜裂或變色或點狀腐蝕(銹斑)。	2	2-3	2-3
	全面發生腐蝕現象。	3	3-4	3-4
	腐蝕已發生膨脹剝落現象。	4	4	4
橋塔變形、 沉陷	橋塔輕微沉陷尚不影響行車安全。	2	2-3	2-3
	橋面與欄杆有分離、下陷，恐影響行車安全。	3	3-4	3-4
	沉陷異常，嚴重影響行車安全。	4	4	4
積水或漏水	少許積水或漏水。	2	1-2	1-2
	顯著積水或漏水。	3	2-3	3-4
異常聲音、 異常振動	有異常之金屬吱嘎聲音發生。	2	2-3	2-3
	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	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	2-3	2-3
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3-4	4

表 C.3.3.34 鋼纜錨碇裝置劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
錨碇裝置周圍之混凝土剝落、破碎	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	2-3	2-3*
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3-4	3-4*
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。	4	4	4
錨頭保護蓋破損、掉落	輕微破損，不影響保護功能。	2	1-2	1-2
	明顯破損，部分影響保護功能。	3	2-3	2-3
	嚴重破損或掉落，喪失保護功能。	4	3-4	4
承壓板變形	輕微變形。	2-3	3-4	3-4*
	嚴重變形。	4	4	4
錨頭防蝕材料滲漏或銹蝕	輕微滲漏，但無滲水或水漬。	2	2-3	2-3*
	輕微滲漏，且有滲水或水漬。	3	3-4	3-4*
	明顯滲漏。	4	4	4
	有銹水流出。	4	4	4
螺栓鬆動或脫落	螺栓鬆動，不影響保護蓋密封性。	2	2-3	2-3
	螺栓鬆脫，影響保護蓋密封性。	3	3-4	3-4

\* 發生錨碇裝置周圍之混凝土剝落或破碎、承壓板變形及錨頭防蝕材料滲漏或銹蝕應通知養護單位進行處置。

註：既有橋梁若無法以目視檢測(E=0)時，可採詳細檢測方式評估是否有劣化或異常情況。

表 C.3.3.35 鋼纜保護套管劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
鋼纜保護套管劣化、龜裂、破損	輕微劣化，無防蝕材料滲漏。	2	1-2	1-2*
	輕微劣化，但有防蝕材料滲漏。	3	2	2-3*
	輕微龜裂，有滲水之虞。			
	明顯劣化，但沒有防蝕材料滲漏。			
嚴重劣化或破損，且有防蝕材料滲漏。	4	3-4	3-4*	

\* 發生鋼纜保護套管劣化、龜裂或破損應通知養護單位進行處置。

表 C.3.3.36 鋼纜(吊索)裝置劣化評等

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
鋼絞線銹蝕	點狀銹斑。	2	1-2	1-2
	點狀腐蝕。	3	2-3	2-3
	鋼絞線斷面積減少或斷裂。	4	3-4	4

註：若因防蝕保護致無法目視檢測者，可採詳細檢測方式評估是否有劣化或異常情況。

表 C3.3.37 拱肋(拱圈)劣化評等(RC)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
混凝土結構 裂縫	細微裂縫，沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。	2	2-3	2-3
	細微裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。	3	2-3	3-4
	明顯裂縫，但沒有滲水或鋼筋銹蝕現象。			
	明顯裂縫，但有滲水或鋼筋銹蝕現象。 嚴重裂縫。	4	4	4
混凝土剝 落、破碎、鋼 筋外露、銹蝕	混凝土剝落或破碎，鋼筋未外露或輕微外露。	2	2-3	2-3
	混凝土剝落或破碎，鋼筋明顯外露。	3	3-4	3-4
	大面積剝落、破碎或鋼筋嚴重腐蝕。 或混凝土剝落恐影響橋下人車安全。	4	4	4
滲水、白華	滲水及白華。	2	2-3	2-3
	滲水及白華且銹水流出。	3	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	2-3	2-3
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3-4	4

表 C3.3.38 拱肋(拱圈)劣化評等(鋼結構)

劣化類型	劣化狀況	D 值	R 值	U 值
構件損傷(挫 屈、變形)	構件輕微挫屈或變形。	2	2-3	2-3
	構件明顯挫屈或變形。	3	3-4	3-4
	構件嚴重挫屈、嚴重變形或斷面減少。	4	4	4
構件裂縫	構件裂縫。	4	4	4
銲接處損傷	銲道有塗裝裂紋或剝落未見裂紋。	2	2-3	2-3
	銲道塗裝剝落且有銹蝕或凹損傷。	3	3-4	3-4
	銲道有裂縫。	4	4	4
螺栓損傷、欠 缺及鬆動	螺栓損傷、欠缺，不影響主梁的穩定性。	2	2-3	2-3
	螺栓損傷、欠缺，可能影響主梁的穩定性。	3	3-4	3-4
	持續性損傷，已影響主梁的穩定性。	4	4	4
塗裝劣化、生 銹或腐蝕	塗裝剝落或龜裂或變色或點狀腐蝕(銹斑)。	2	2-3	2-3
	全面發生腐蝕現象。	3	3-4	3-4
	腐蝕已發生膨脹剝落現象。	4	3-4	3-4
積水或漏水	少許積水或漏水。	2	1-2	1-2
	顯著積水或漏水。	3	2-3	3-4
異常聲音異 常振動	有異常之金屬吱嘎聲音發生。	2	2-3	2-3
	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	3-4	3-4
其他損傷	不影響橋上行人及橋下人車安全的損傷劣化。	2	2-3	2-3
	影響橋上行人及橋下人車安全或造成使用障礙。	4	3-4	4

表 C3.4.1 鋼結構常見之損傷項目

鋼構件類型	檢測重點
鋼 I 型梁 (參見圖 C3.3.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•主梁變形</li> <li>•接合部之銲接裂縫</li> <li>•塗裝剝落、劣化</li> <li>•支承座異常</li> <li>•螺栓鬆弛</li> <li>•次要構件變形</li> <li>•梁端積水</li> </ul>
鋼箱型梁 (參見圖 C3.3.21)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•主梁變形</li> <li>•主梁與橫梁之銲接裂縫</li> <li>•塗裝剝落、劣化</li> <li>•支承座異常</li> <li>•螺栓鬆弛</li> <li>•次要構件變形</li> <li>•梁端積水</li> </ul>
鋼床板梁 (參見圖 C3.3.22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•床板局部變形</li> <li>•縱向與橫向肋材之銲接裂縫</li> <li>•螺栓鬆弛</li> <li>•梁端積水</li> <li>•支承座異常</li> <li>•床板內面塗裝剝落、劣化</li> </ul>
鋼橋墩 (參見圖 C3.3.23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•柱傾斜</li> <li>•隔板與翼板之銲接裂縫</li> <li>•塗裝剝落、劣化</li> <li>•支承位置異常</li> <li>•角隅部之銲接裂縫</li> <li>•端部積水</li> </ul>

表 C5.1.1 構件局部破壞與非破壞檢測技術種類及適用之材料

技術種類	檢測試驗方法	適用材料	
		鋼筋 混凝土	鋼結構
局部破壞性	抗壓強度試驗法	✓	
	中性化檢測法	✓	
	氯離子含量檢測法	✓	
	鹼質粒料反應檢測法	✓	
	火害後檢測	✓	✓
	金相試驗法		✓
	拉伸試驗法		✓
	彎曲試驗法		✓
	硬度試驗法		✓
非破壞性	反彈錘試驗法	✓	
	鋼筋腐蝕檢測法	✓	
	音洩檢測法	✓	✓
	紅外線檢測法	✓	
	敲擊回音法	✓	
	衝擊彈性波法	✓	
	超音波檢測法	✓	✓
	射線檢測法	✓	✓
	渦電流檢測法	✓	✓
	磁粒檢測法		✓
	液滲檢測法		✓
	透地雷達法	✓	
地電阻檢測法	✓		

表 C5.1.2 鋼筋混凝土構件劣化態樣檢測注意事項

劣化態樣	檢測方法	注意事項
裂縫	VT (DC、NT、CI、ASR、FT、RH、CT、AT、TT、IE、PV、UT、RT、GPR、Other)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一般裂縫量測以寬度、間隔和範圍為主。</li> <li>• 裂縫檢測方法眾多，得視需求選定適用方法。</li> <li>• 考量裂縫成因及補強工法之選定，可進行混凝土強度、中性化範圍、氯離子含量、鹼質粒料反應或火害程度等輔助檢測方法釐清之。</li> </ul>
剝落	VT (DC、NT、CI、ASR、FT、RH、CT、TT、Other)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土剝落量測以剝落面積大小為主。</li> <li>• 考量剝落成因及補強工法之選定，可進行混凝土強度、中性化範圍、氯離子含量、鹼質粒料反應或火害程度等輔助檢測方法釐清之。</li> </ul>
空洞(蜂窩)	VT、IE、UT (DC、NT、RH、TT、PV、RT、CT、GPR、Other)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土蜂窩量測以蜂窩面積大小為主。</li> <li>• 混凝土蜂窩檢測得視需求進行混凝土強度、中性化範圍、氯離子含量之檢測。</li> <li>• 混凝土空洞量測以空洞面積大小為主。</li> <li>• 混凝土空洞檢測方法眾多，得視需求選定適用方法。</li> </ul>
彎曲、變形	VT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土構件變形量以規範之容許值為主</li> </ul>
鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露、銹蝕	VT (CT、IE、UT、ET、Other)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼筋、鋼腱或錨碇部位外露量測以外露長度為主。</li> <li>• 鋼筋、鋼腱或錨碇部位銹蝕程度檢測，得視需求以鋼筋腐蝕檢測法為之。</li> <li>• 考量保護層厚度及補強工法之選定，可配合超音波檢測法或鋼筋探測儀進行保護層厚度之檢測。</li> </ul>
滲水及白華、銹水流出	VT (DC、NT、CI、ASR、RH、Other)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 滲水及白華、銹水流出之量測以流出面積為主。</li> <li>• 考量此類損害成因調查或選定補強工法，得視實際狀況進行混凝土強度、中性化範圍、氯離子含量或鹼質粒料反應等檢測。</li> </ul>
異常聲音 異常振動	VT (AT、IE、PV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土構件於車行過程產生異常聲音或振動時，除可藉由音洩檢測法、敲擊回音法或衝擊彈性波法進行檢測，亦可經由養護管理機關認可之自然或強迫振動頻率試驗檢測之。</li> </ul>
積水、漏水	VT(RT、Other)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土構件表面積水、漏水以目視檢測為主。</li> <li>• 混凝土構件內部積水、漏水檢測得以射線檢測法為之。</li> </ul>
其他損傷	VT(Other)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土構件發生其他損傷情形時，得視檢測對象或損害種類選定適合之檢測法。</li> </ul>

( ) 所示為輔助之方法  
 VT：目視檢測      DC：鑽心取樣抗壓試驗      NT：中性化檢測法      CI：氯離子含量檢測法  
 ASR：鹼質粒料反應檢測法      FT：火害後檢測      RH：反彈錘試驗法      CT：鋼筋腐蝕檢測法  
 AT(或AE)：音洩檢測法      TT(或IT)：紅外線檢測法      IE：敲擊回音法      PV：衝擊彈性波法  
 UT：超音波檢測法      RT：射線檢測法      ET：渦電流檢測法      MT：磁粒檢測法  
 PT：液滲檢測法      GPR：透地雷達法      RIP：地電阻檢測法      Other：主管機關認可之其他檢測法

表 C5.3.1 構件非破壞檢測方法之適用性

試驗方法 \ 檢測目的	混凝土強度	混凝土缺陷	混凝土空洞	鋼筋位置	鋼筋腐蝕	材料厚度	金屬表面缺陷	金屬內部缺陷	銲接缺陷	基礎探測
反彈錘試驗法(RH)	✓									
鋼筋腐蝕檢測法(CT)					✓					
音洩檢測法(AT 或 AE)		✓					✓	✓	✓	
紅外線檢測法(TT 或 IT)		✓	✓							
敲擊回音法(IE)		✓	✓	✓		✓				
衝擊彈性波法(PV)		✓	✓			✓				✓
超音波檢測法(UT)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
射線檢測法(RT)		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
渦電流檢測法(ET)				✓		✓	✓	✓	✓	
磁粒檢測法(MT)							✓		✓	
液滲檢測法(PT)							✓		✓	
透地雷達法(GPR)		✓	✓	✓		✓				✓
地電阻檢測法(RIP)										✓

表 C7.5.1 鋼構件維修工法摘要表

工 法	用 途	設計、施工法概要	概 略 結 構 圖	維 修 效 果	注 意 事 項
矯正工法 (配合補強工法)	修正變形部分	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 因異常的外力而變形之構件，儘可能將其回復原狀。</li> <li>• 常配合使用添加補強。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 維修後鋼材的強度韌性並不會降低。</li> <li>• 添加補強的效果很大。</li> </ul>	
開孔止裂工法 (Stop Hole) (配合使用高拉力螺栓)	暫時防止裂縫擴大	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在裂縫前端開<math>\phi 24</math> mm 大小的圓孔以降低裂縫前端應力。有時也配合使用高拉力螺栓。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 針對疲勞裂縫可暫時延緩裂縫擴大。</li> </ul>	長期上有效果
添加材維修工法	防止裂縫擴大	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 對於損壞構件或強度不足之構件增加添加材以高拉力螺栓與既有構材接合。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 對裂縫的維修非常有效。</li> </ul>	
銲接維修工法 (與 TIG 處理併用)	常用於為維修主梁因疲勞裂縫引起的損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 對於因疲勞而損壞的構件，裂縫小者可先鑿除裂縫微小處再進行銲接，常併用銲珠趾部之 TIG 銲接處理。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 對裂縫的維修很有效，併用 TIG 處理，疲勞強度亦可望獲得提升。</li> </ul>	

表 C7.6.1 塗裝劣化原因及其處理對策

缺陷	現象	原因	防範與處理對策
變黃 Yellowing	白色或淡色漆膜之變黃現象	使用桐油、亞麻仁油與苯酚樹脂製成之油漆或調配過量乾燥劑。	白色或淡色油漆避免使用易變黃性樹脂，並控制乾燥劑用量。
變色 Discoloration	塗膜變色	使用有機性顏料者較易變色。	淡色塗裝應選用不變色顏料。
		含鉛或銅類顏料之油漆與硫化氫接觸變黑。	有硫化氫產生之環境，應避免使用鉛或銅系顏料。
		水泥、白灰、或化學品之接觸變色。	使用耐鹼性或各適當之耐藥品漆塗料。
			使用適當耐藥品性油漆做重塗。
龜裂 Cracking	塗面產生裂紋、裂縫	塗膜太厚。	避免過份厚塗。
		下層漆未乾。	待下層漆乾透後再做上層塗裝。
		上、下層塗裝之配合不當，性質不合。	慎重考慮塗裝系統，避免異種油漆之疊層塗裝。
		溫度急激下降。	氣溫突然下降時應停止施工。
			除去龜裂漆膜重做塗裝。
起泡 Blistering	塗膜發生起泡浮腫現象。	因生鏽拱起漆膜。	做完整表面處理與防鏽塗裝。
		被塗面有水份，或吸潮性物質之附著，以及塗裝器具內有水份之存在。	做完整表面處理與塗裝器具之清理。
		鋅陽極附近因氫氣瓦斯之起泡或在陰極產生之鹼性質引起之起泡。	施塗適合陰陽極防蝕之塗料，並控制防蝕電流，不要變為過電腐蝕。
		厚塗型油漆之連續使用	按規定塗裝間隔施工。
			除去有起泡漆膜重做塗裝。
生鏽 Rusting	產生鐵鏽	表面處理不當。	做完整表面處理，除去黑皮、鐵鏽、水份以及其他異物。
		塗料性能不良。	選用品質優良產品。
		塗膜厚度不足或施工不良。	按規定漆膜厚度施工，不要有漏塗情事發生。
			除去漆膜重做表面處理與塗裝。
剝離 Lifting (Spalling)	底面與漆膜或漆膜與漆膜間之剝離現象。	被塗面有油、水份或鐵鏽之存在。	做完整表面處理。
		底層漆之過份曝露與硬化。	在規定塗裝間隔時間內做塗裝。
		下層漆與上層漆之配合不良。	考慮塗料系統，儘量避免做異種或不同廠牌油漆之疊層塗裝。
		工程錯誤，例如無 W/P 之氣乙稀系油漆塗裝。	按規定塗裝工程施工。
		異種塗料之混合。	避免不同系統或廠牌油漆之混合。
		潮濕木材，或從背面吸收了水份之木材正面塗裝。	選用乾燥木材，不做單面塗裝。
		過份平滑之金屬面塗裝	用噴砂或砂紙磨粗後施工。
	除去剝離漆膜重做塗裝。		
皺紋	塗膜有起皺現象	過份厚塗，造成表乾裏不乾現象。	避免過份之厚塗塗裝。
		下層漆未乾。	待下層漆乾後(待規定塗裝間隔時間過後)再做上層漆塗裝。
		乾燥劑用量太多。	控制乾燥劑用量。
		為了促進乾燥，將塗面加熱或直曬太陽	避免急速加熱。
			用砂紙磨平後重塗。

表 C7.6.2 各種塗裝塗料重漆之適合性

底漆塗料種類 \ 上漆塗料種類	油性系	磷苯二甲酸系	酚樹脂 MIO 系	氯化橡膠系	環氧樹脂系	變性環氧樹脂系	柏油環氧樹脂系	聚氨基甲酸酯樹脂系	矽利康油性樹脂漆	氟素系
長暴型樹脂底漆	○	○	○	○	△	△	△	○	○	○
環氧樹脂鋅粉底漆	×	×	×	○	○	○	○	○	×	○
無機鋅粉底漆	×	×	×	△	○	○	○	△	×	○
油性系	○	○	○	△	×	×	×	×	○	×
磷苯二甲酸系	○	○	○	△	△	△	△	△	○	×
酚樹脂 MIO 系	○	○	○	○	×	×	×	×	○	×
氯化橡膠系	△	△	△	○	△	△	×	△	△	×
環氧樹脂系	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○
變性環氧樹脂系	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○
柏油環氧樹脂系	△	△	△	△	△	△	○	△	×	×
聚氨基甲酸酯樹脂系	△	△	△	△	△	△	△	○	△	○

評價：○：可重漆； △：有條件的可重漆； ×：不可重漆

表 C7.10.1 上部結構補強工法分類

補強對象	補強對策	補強工法	適用對象	
			混凝土	鋼結構
上部結構補強	額外包覆工法	橋面板加厚補強	√	
		橋面板或主梁貼覆補強	√	
		主梁增加斷面	√	√
	構件的置換	橋面板或主梁置換補強	√	√
	增設構件	新增或置換縱梁	√	√
		增加輔助橫梁	√	√
		增設防落措施	√	√
	導入預力鋼腱	外加預力工法	√	
	配置張力構件	外置鋼纜工法		√
	改變結構系統	上部結構連續化	√	√

表 C7.10.2 下部結構補強工法分類

補強對象	補強對策	補強工法
下部結構補強	額外包覆工法	鋼板包覆補強
		混凝土包覆補強
		纖維包覆補強
		擴增斷面
	增設構件	增設墩柱或繫梁
	導入預力鋼腱	外加預力工法

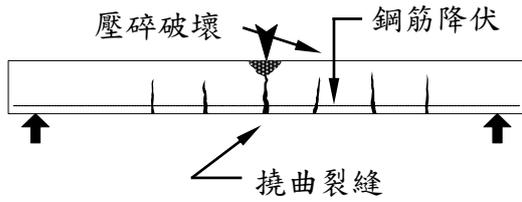
表 C7.10.3 基礎補強工法分類

補強對象	補強對策	補強工法
基礎補強	提高基礎承载力	擴大基礎工法
		增加基樁工法
		增設連續壁工法
		增加地錨工法
	減少基礎載重	反力分散工法
		縮短跨徑
		橋面板輕量化
		填土區輕量化
	液化防制對策	地層改良工法、補樁
	沖刷防制對策	橋基保護工法、補樁

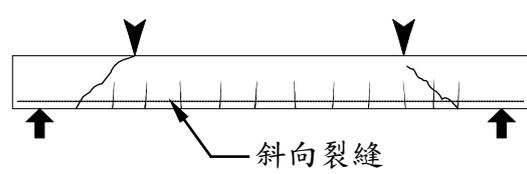
表 C7.10.4 鋼結構橋梁補強工法摘要表

工 法	用 途	設計、施工法概要	概 略 結 構 圖	維 修 效 果	注 意 事 項
更換工法	增加承載力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 更換主梁</li> <li>• RC 橋面板更換為鋼橋面板，以減輕靜載重。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 最有效果的工法。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 考慮經濟性，施工性。</li> <li>• 必須長期交通管制。</li> <li>• 適用於不能局部維修補強的構件。</li> </ul>
補強材工法	增加承載力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在主梁的下翼板斷面銲接補強材或以高拉力螺栓接合，來增加梁的承載力。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 效果受銲接技術所影響。</li> <li>• 補強材可抵抗靜載重。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 要注意不產生局部的殘留應力及變形。</li> <li>• 使用高拉力螺栓情形下，一定要考慮斷面須扣除螺栓孔面積。</li> </ul>
主梁增設工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 增加承載力</li> <li>• 防止異常變位</li> <li>• 減低作用力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在既有主梁旁並列新設主梁，新舊主梁可共同分擔載重。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 降低既有主梁所受應力。</li> <li>• 也有補強橋面板的功能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 靜載重會增加。</li> </ul>
橋柱增設工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防止異常變位</li> <li>• 增加承載力</li> <li>• 減低作用力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在既有主梁中段增設橋柱，減少跨徑以增加主梁的承載力。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 因跨徑縮短，而有補強彎矩強度的效果。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 會佔據梁下空間。</li> <li>• 適用於梁下仍有餘裕空間的情形。</li> </ul>
外置鋼纜工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防止異常變位</li> <li>• 增加承荷重力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在既有主梁上配置張力構件，導入預力。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 降低主梁的拉應力。</li> <li>• 增加承載力。</li> </ul>	
支撐工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防止因應力集中而產生龜裂的擴大</li> <li>• 增加承載力</li> <li>• 減低作用力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 增設新支承，降低支承反力。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 降低削梁處產生的應力集中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 會佔據梁下空間。</li> </ul>
合成工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 增加承載力</li> <li>• 防止異常變位</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 將非合成梁改裝成合成梁。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高斷面模數，增加承載力。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 需詳細檢視剪力連接器之安裝與設計。</li> </ul>

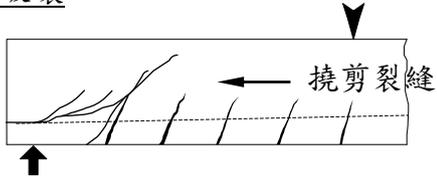
撓曲破壞



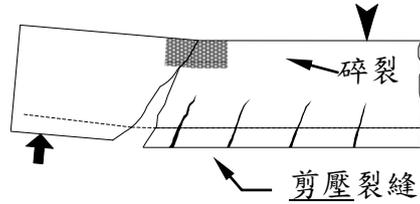
斜向剪力破壞



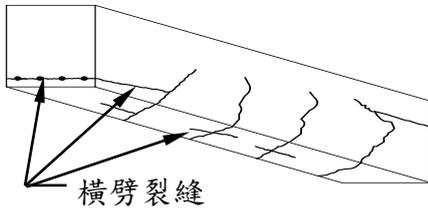
撓剪破壞



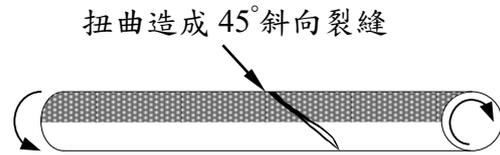
剪壓破壞



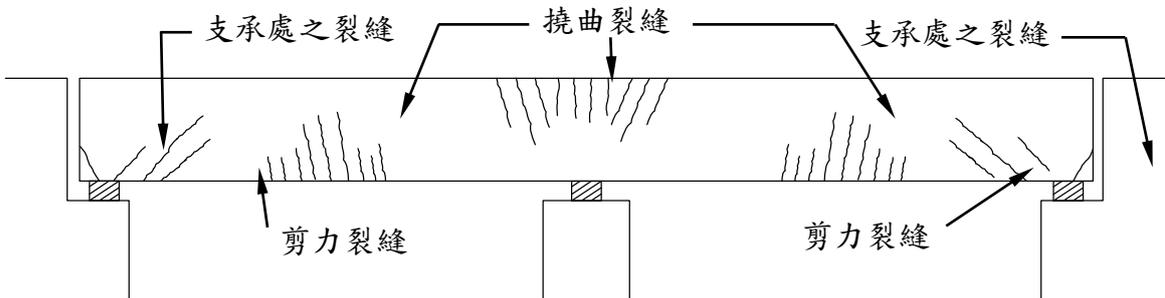
橫劈裂縫



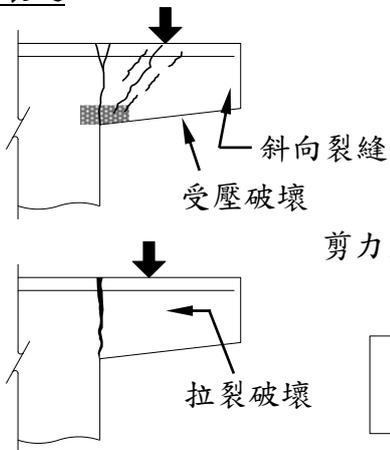
扭曲裂縫



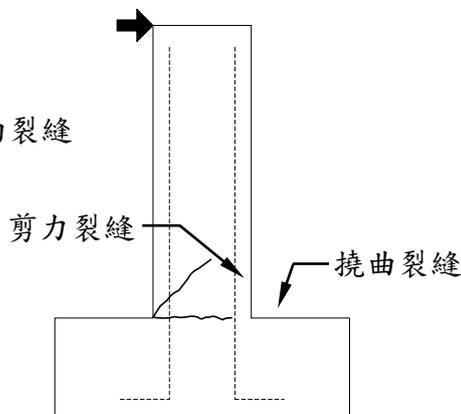
連續梁



剪-拉裂縫



撓曲及剪力破壞



受壓破壞



圖 C3.3.1 混凝土橋梁結構裂縫示意圖

橋梁混凝土表面乾縮裂縫

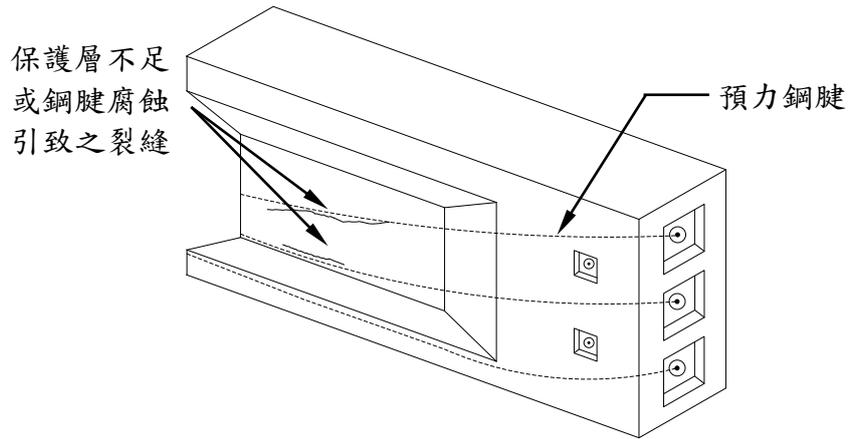
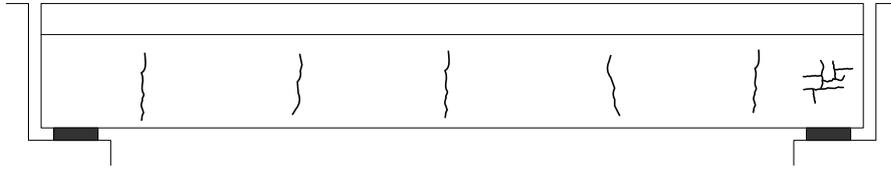
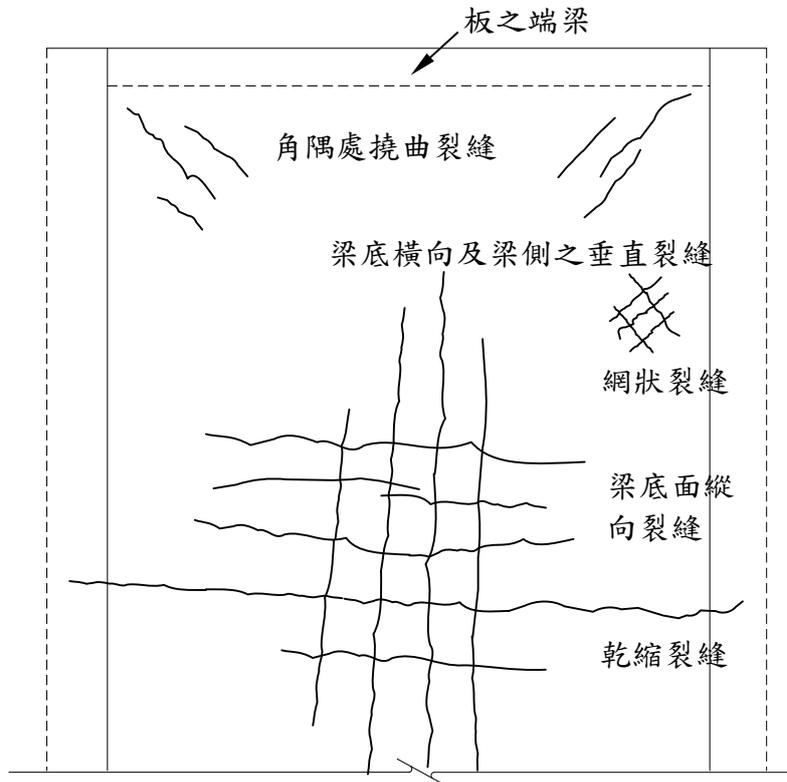
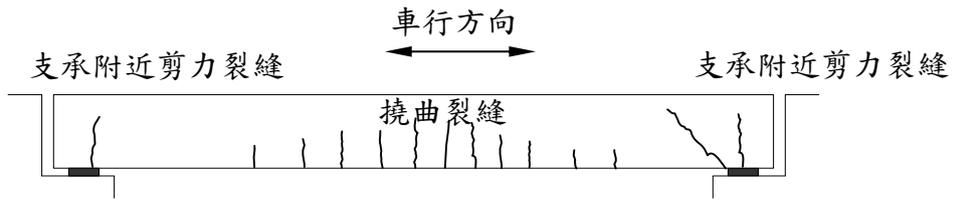


圖 C3.3.2 混凝土橋梁非結構裂縫示意圖



板梁底面仰視圖

圖 C3.3.3 混凝土板梁底面裂縫示意圖

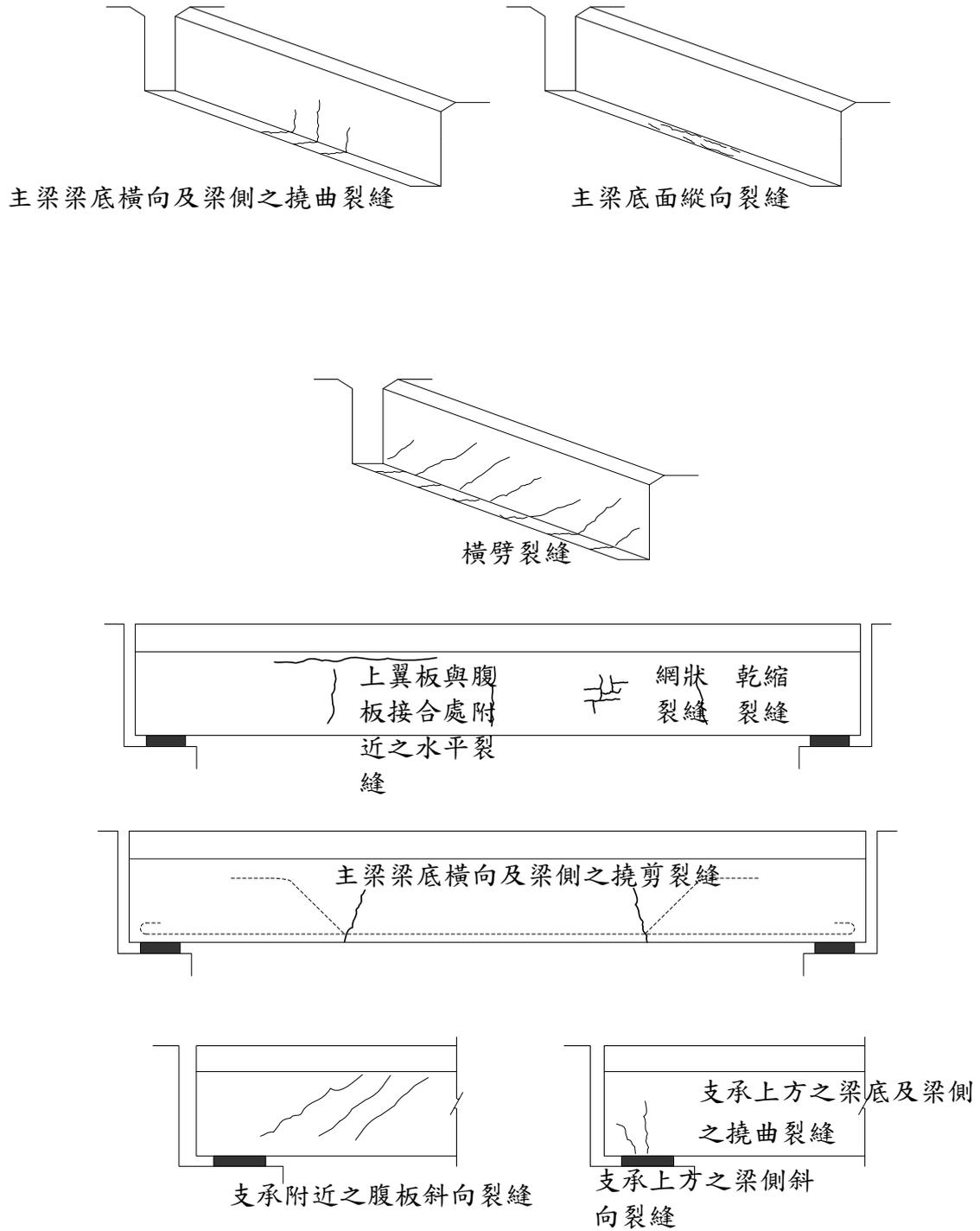
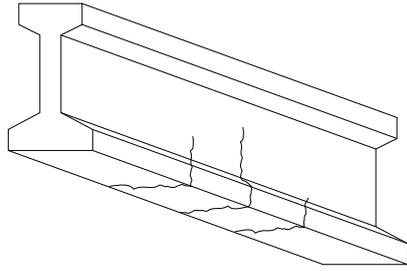
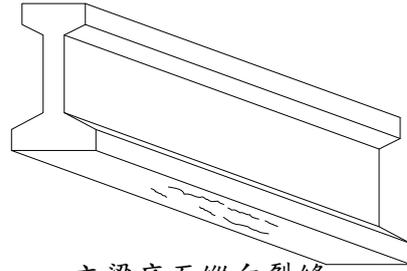


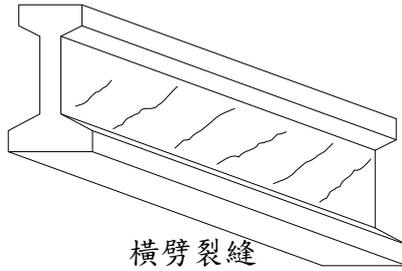
圖 C3.3.4 混凝土 T 型梁裂縫示意圖



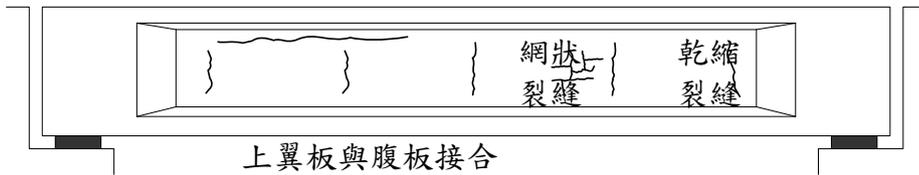
主梁梁底橫向及梁側之撓曲裂縫



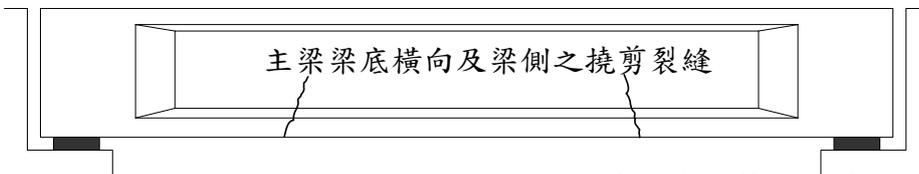
主梁底面縱向裂縫



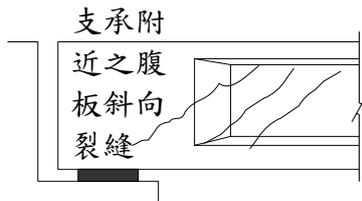
橫劈裂縫



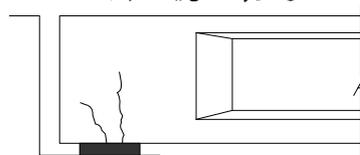
上翼板與腹板接合處附近之水平裂縫



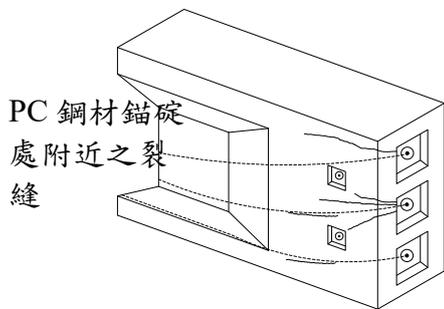
支承上方之梁底及梁側之撓曲裂縫



支承附近之腹板斜向裂縫



支承上方之梁側斜向裂縫



PC 鋼材錨碇處附近之裂縫



PC 鋼材集中位置附近之裂縫

圖 C3.3.5 預力混凝土 I 型梁裂縫示意圖

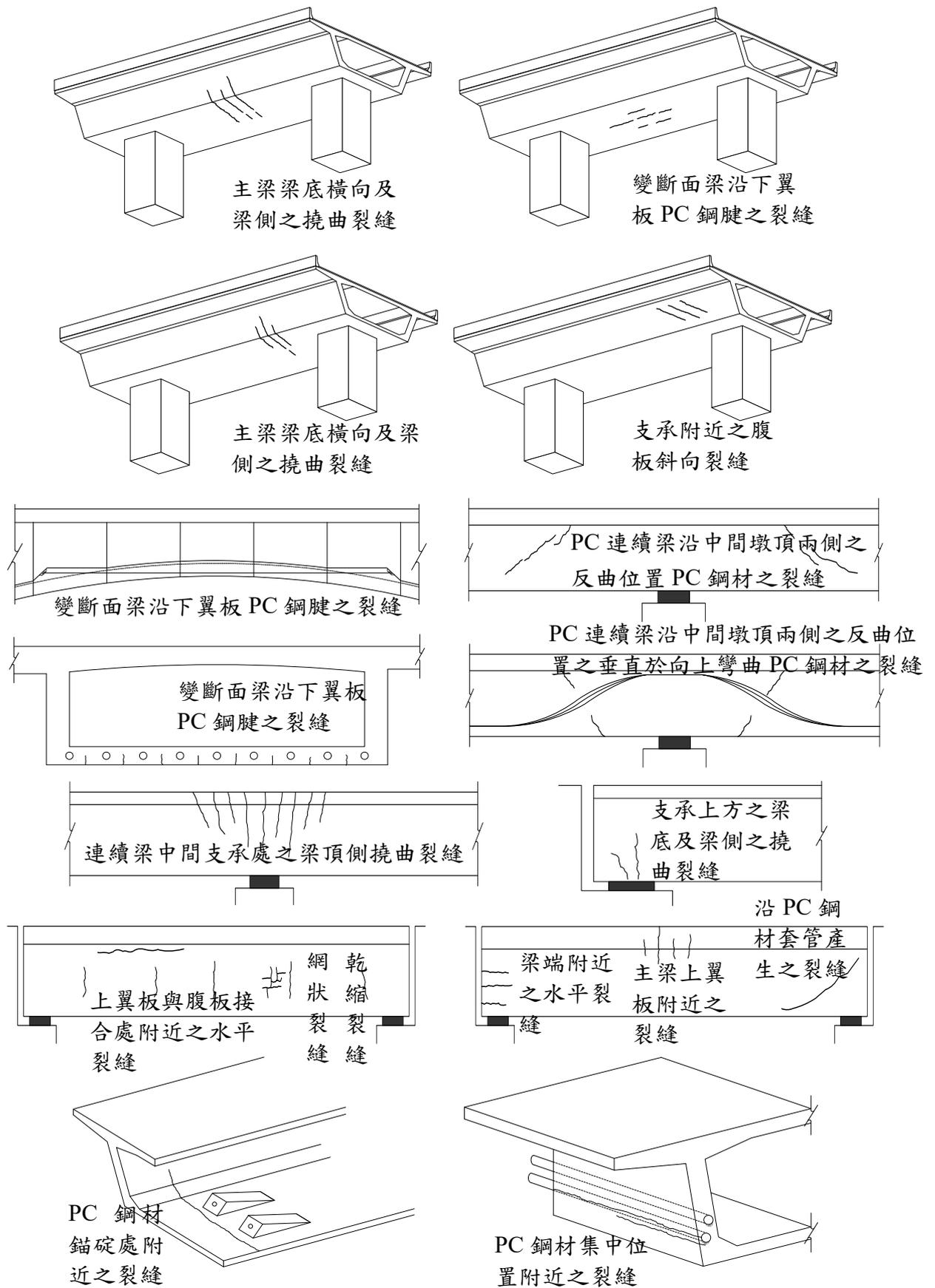


圖 C3.3.6 預力混凝土箱型梁裂縫示意圖

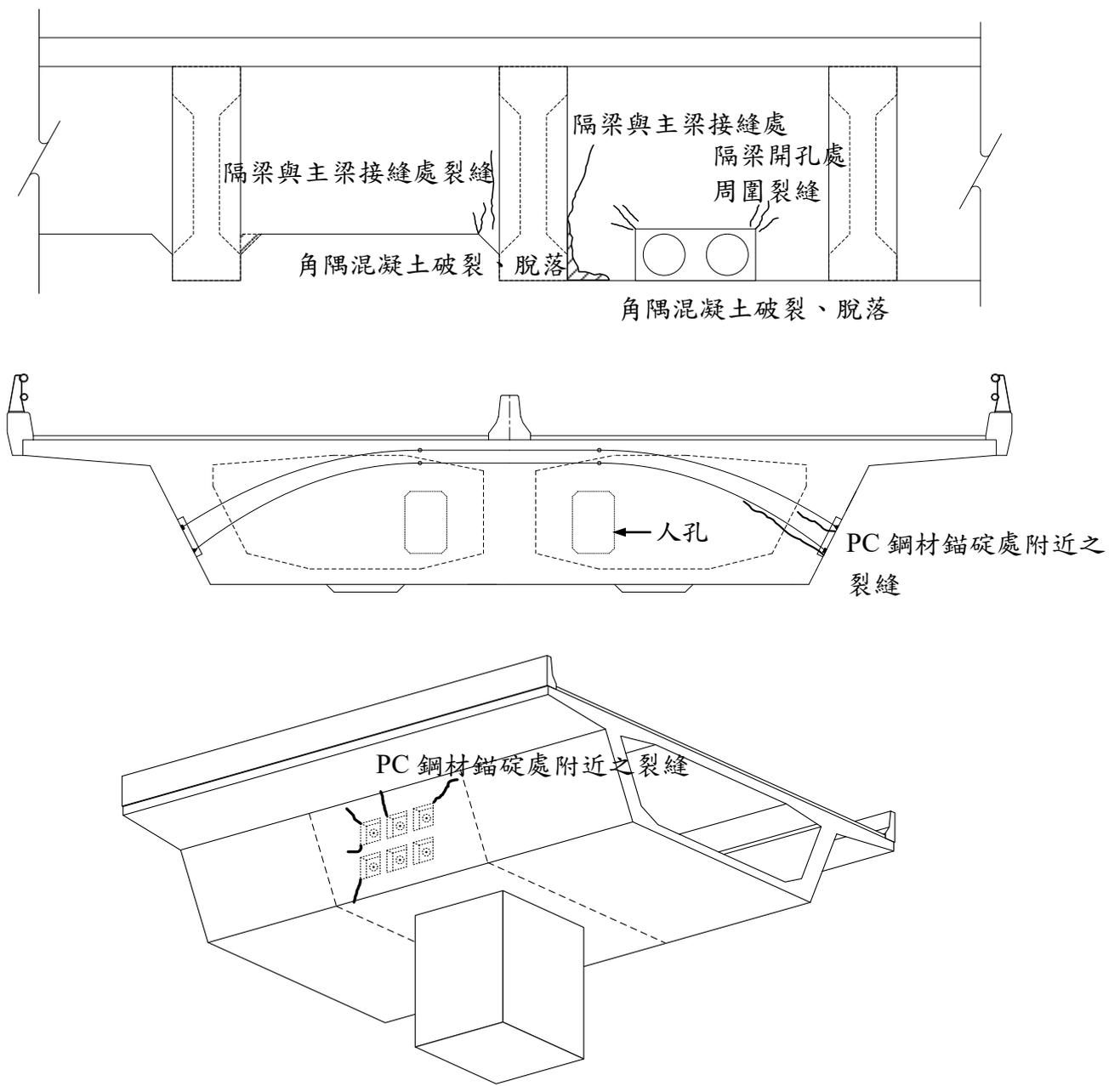


圖 C3.3.7 混凝土預鑄箱型梁裂縫示意圖

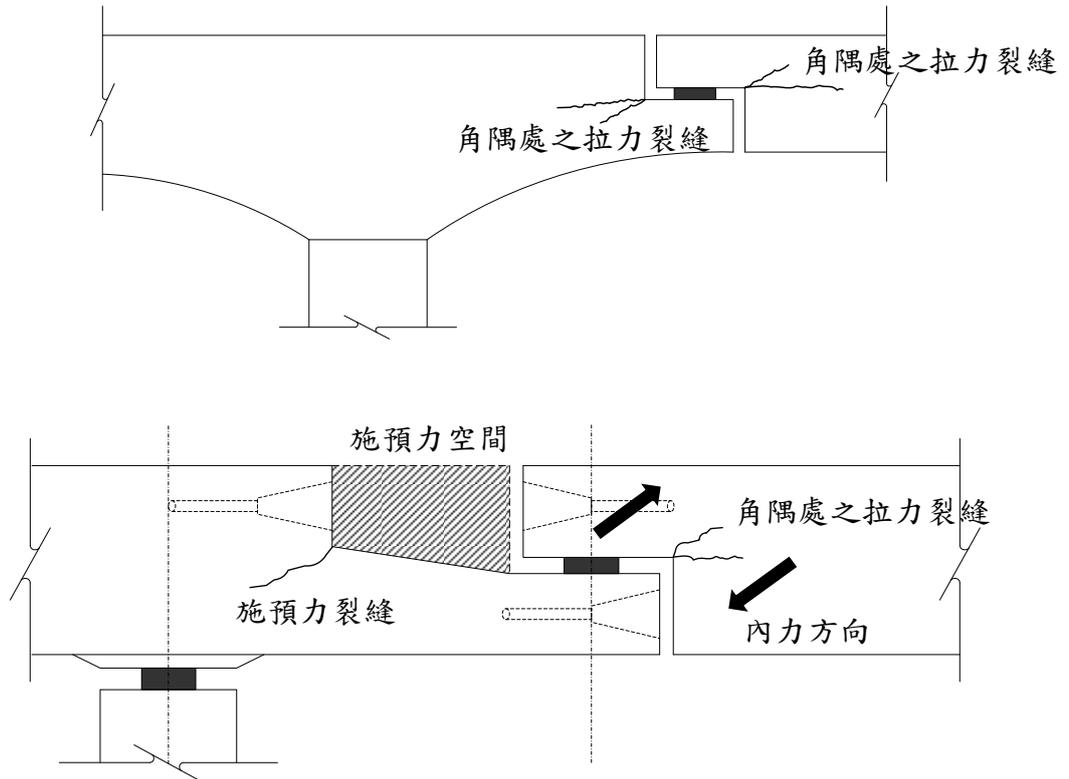
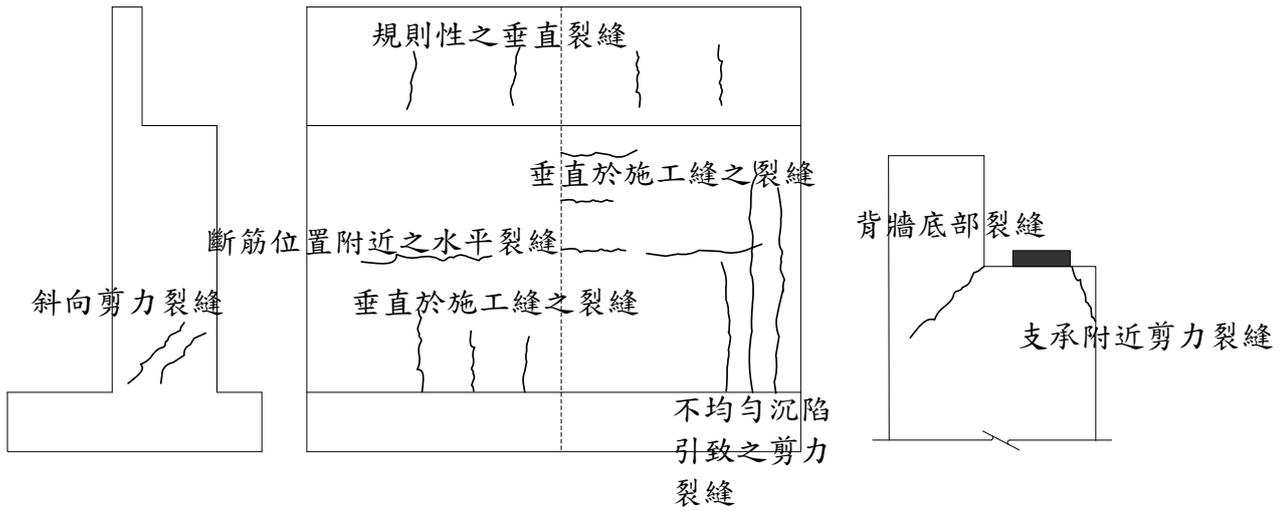
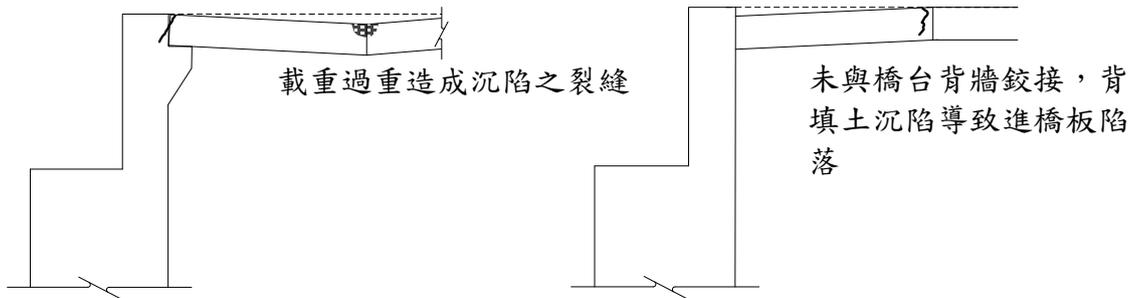


圖 C3.3.8 混凝土橋梁主梁外懸鉸接裂縫示意圖



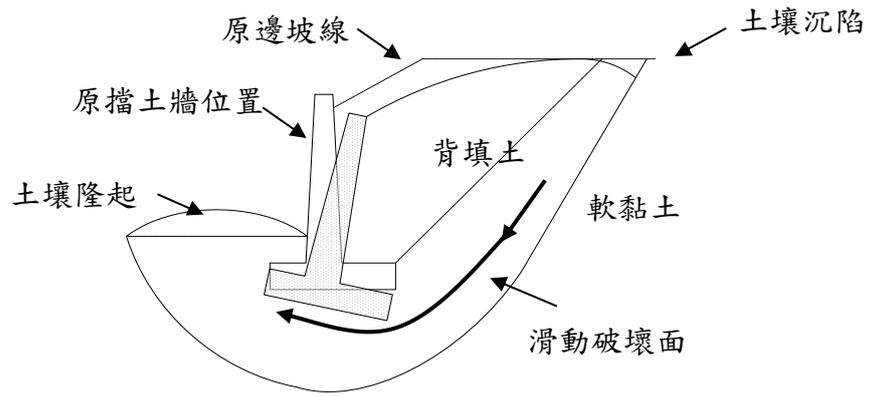
橋台立面及側視圖



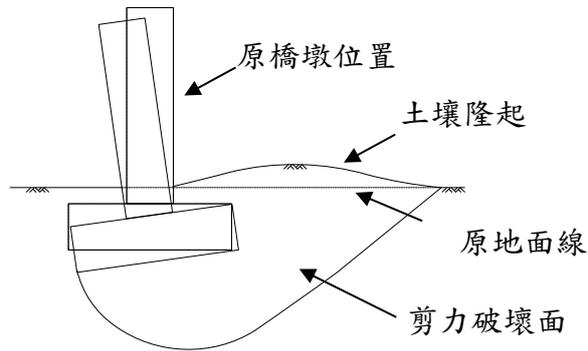
橋台進橋板示意圖

圖 C3.3.9 混凝土橋台裂縫示意圖

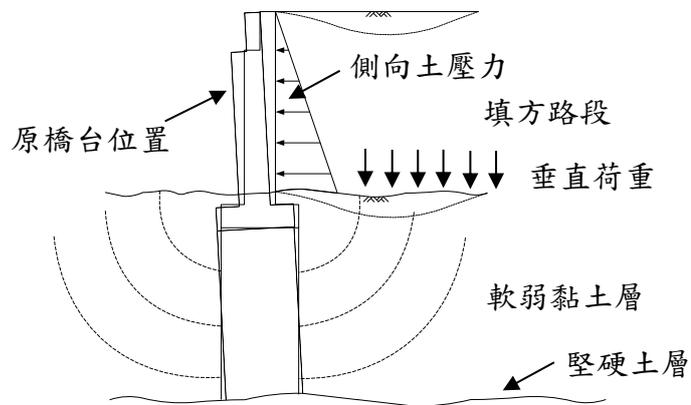
地基不穩定導致擋土牆傾倒變形



橋墩基礎不穩定之過量變形



橋台後方填方沉陷產生之結構變位



地基引起之破壞

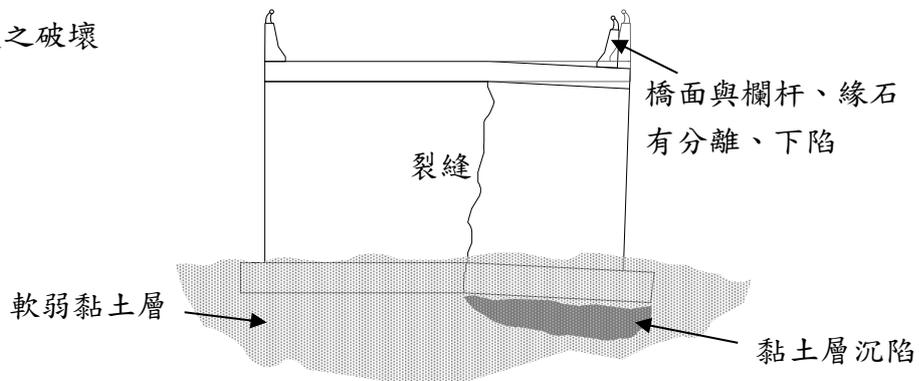
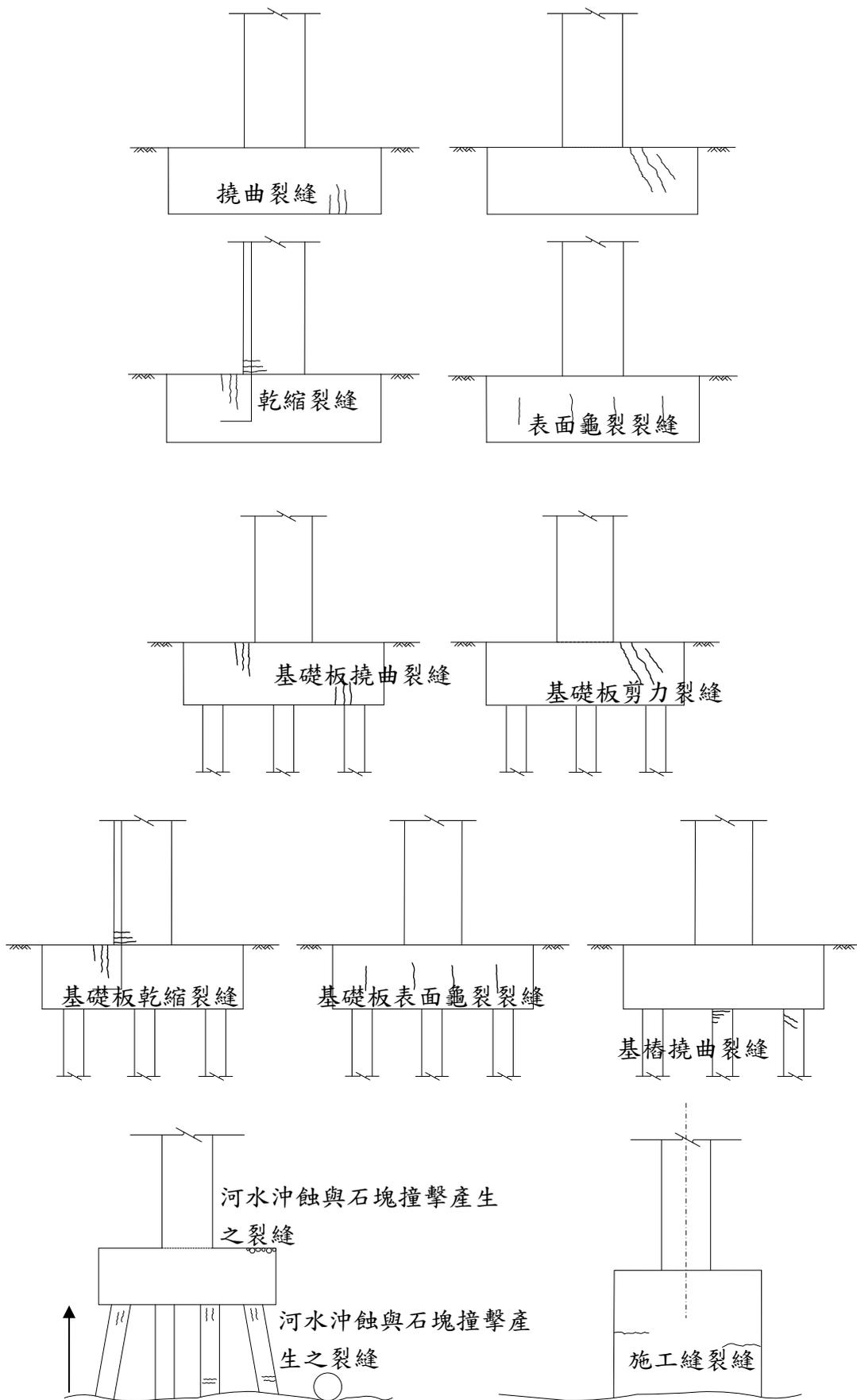


圖 C3.3.10 混凝土基礎沉陷示意圖



從樁底下量測，未超過原設計  
長度 1/5 為基礎

圖 C3.3.11 混凝土基礎裂縫示意圖

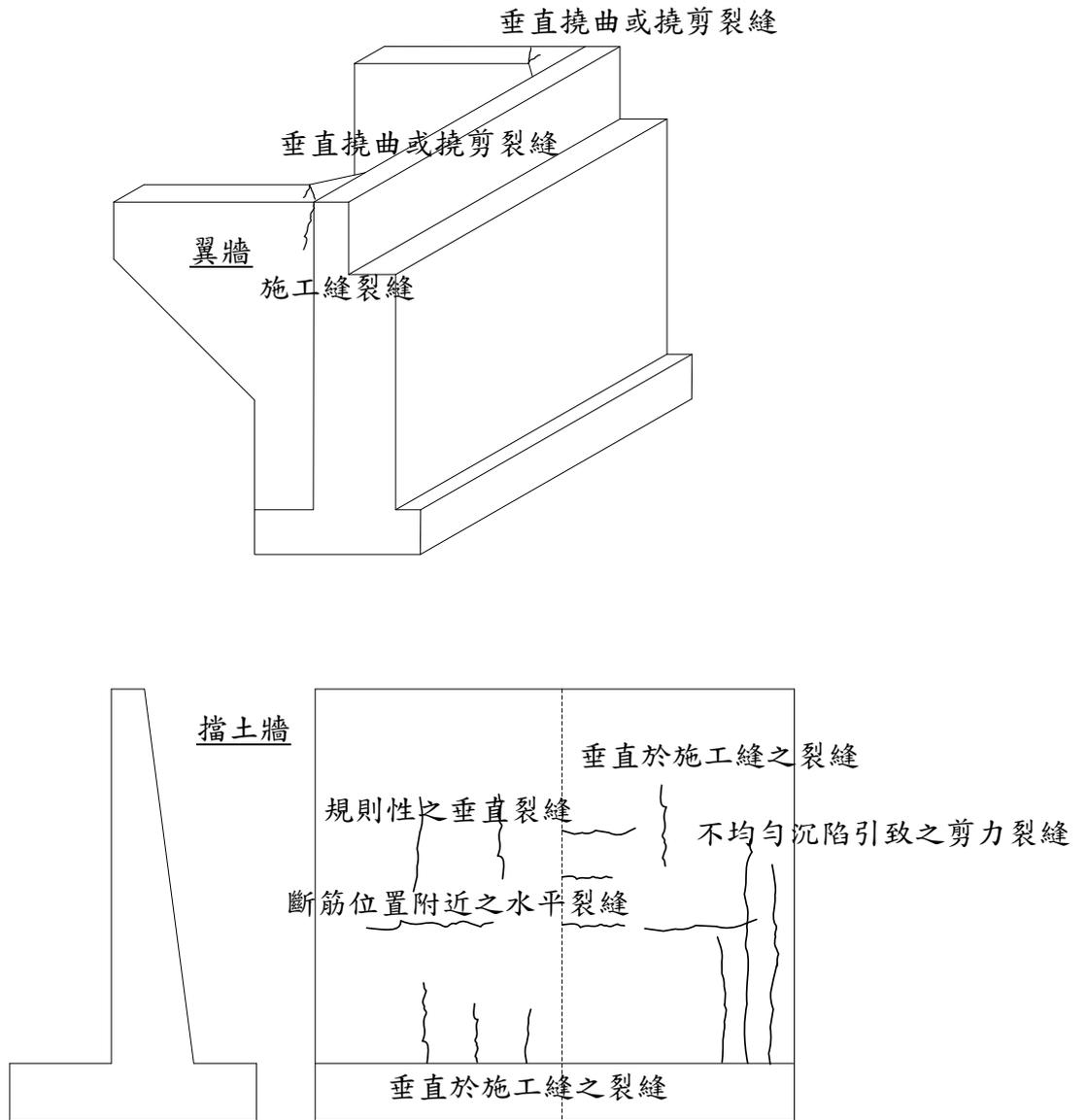


圖 C3.3.12 混凝土翼牆/擋土牆裂縫示意圖

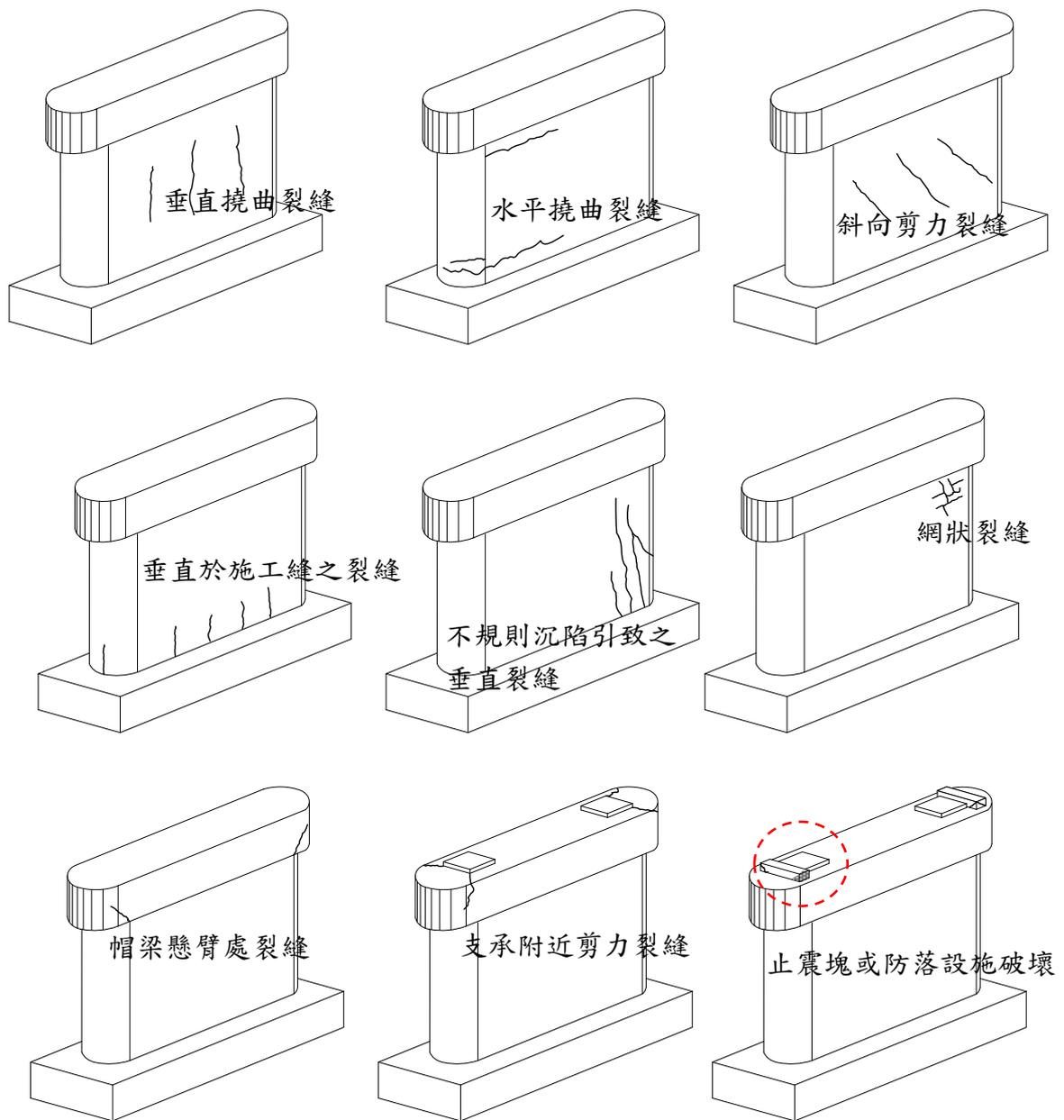


圖 C3.3.13 混凝土壁式橋墩裂縫示意圖

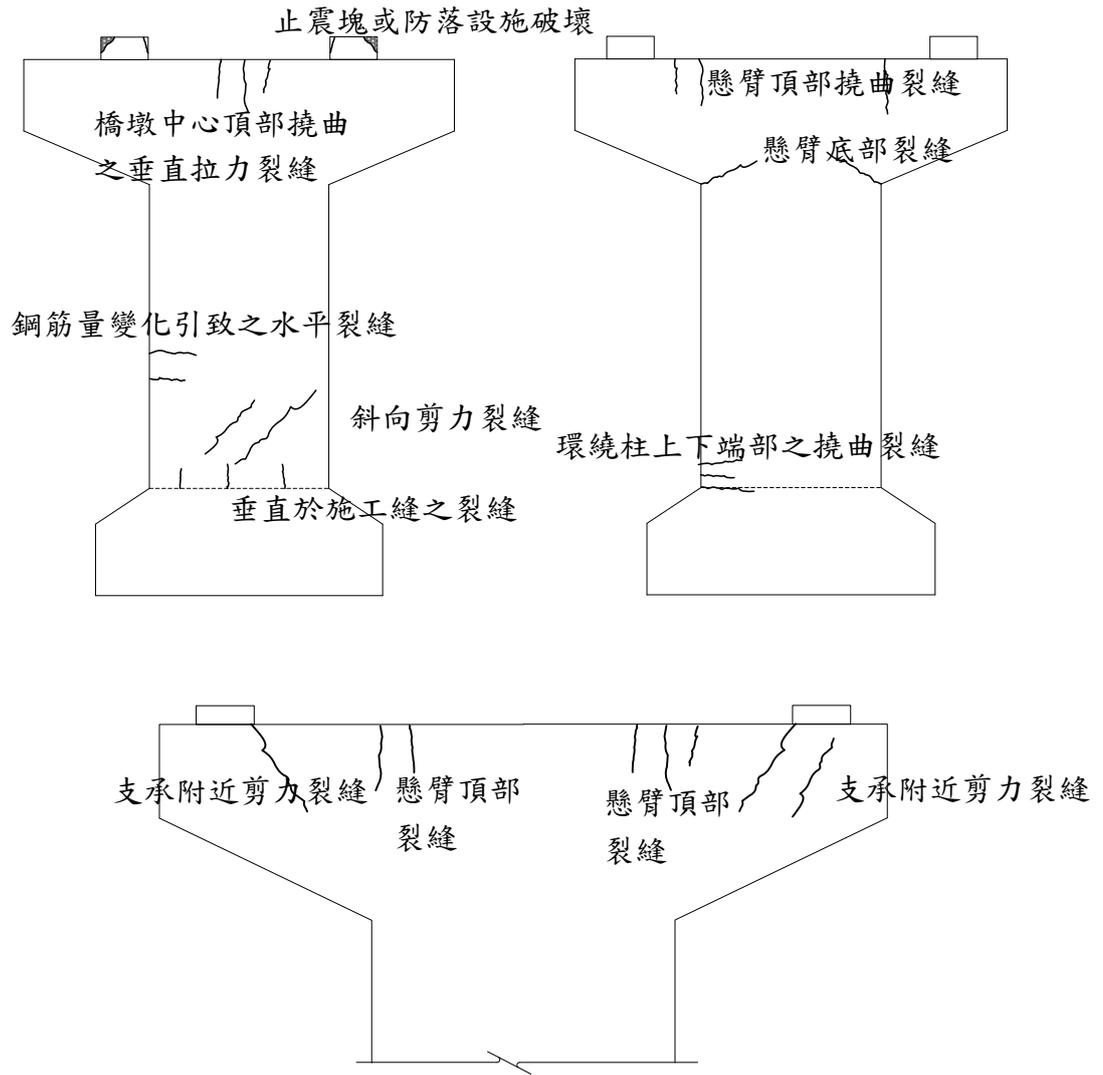


圖 C3.3.14 混凝土懸臂式單柱橋墩裂縫示意圖

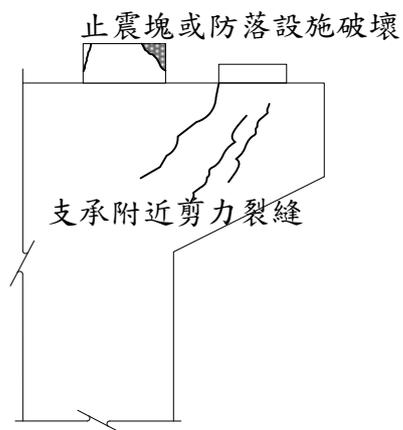
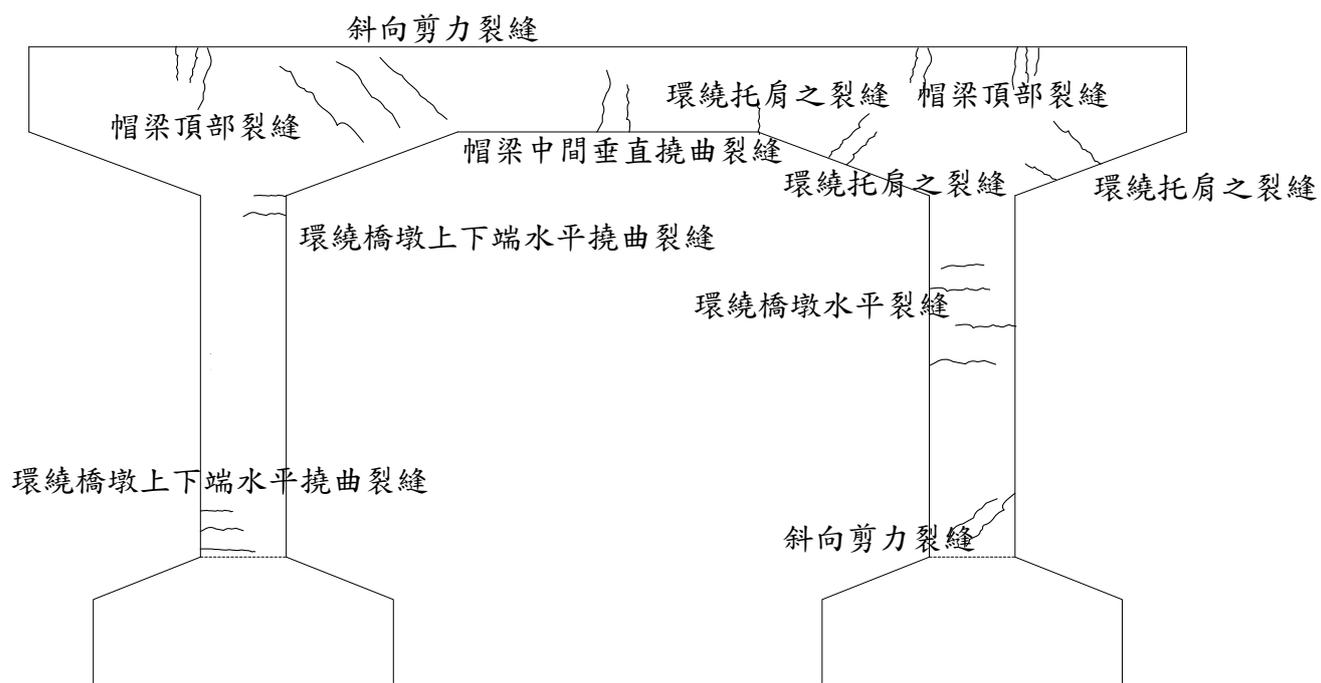


圖 C3.3.15 混凝土構架式橋墩裂縫示意圖

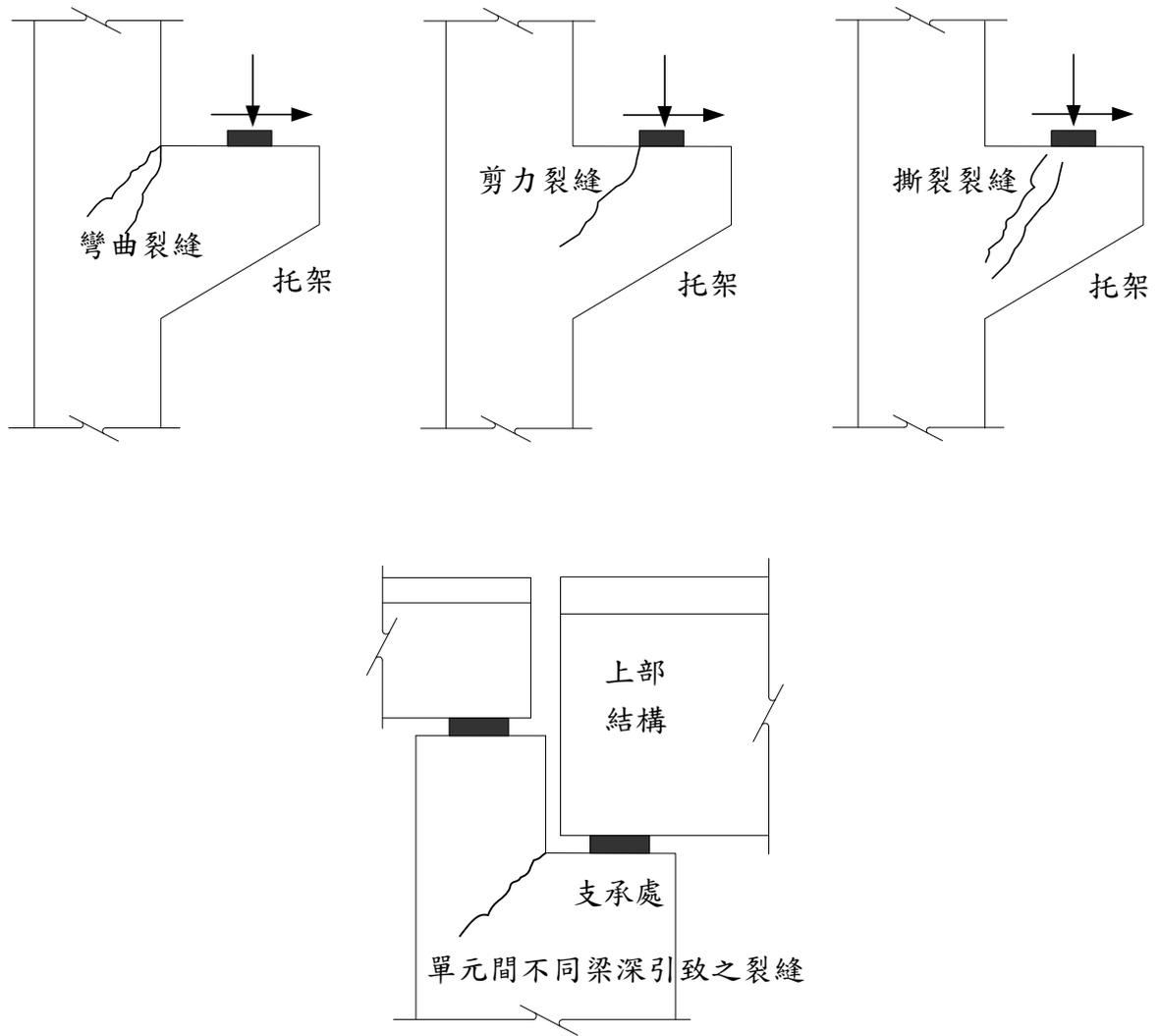


圖 C3.3.16 混凝土托架及支承處裂縫示意圖

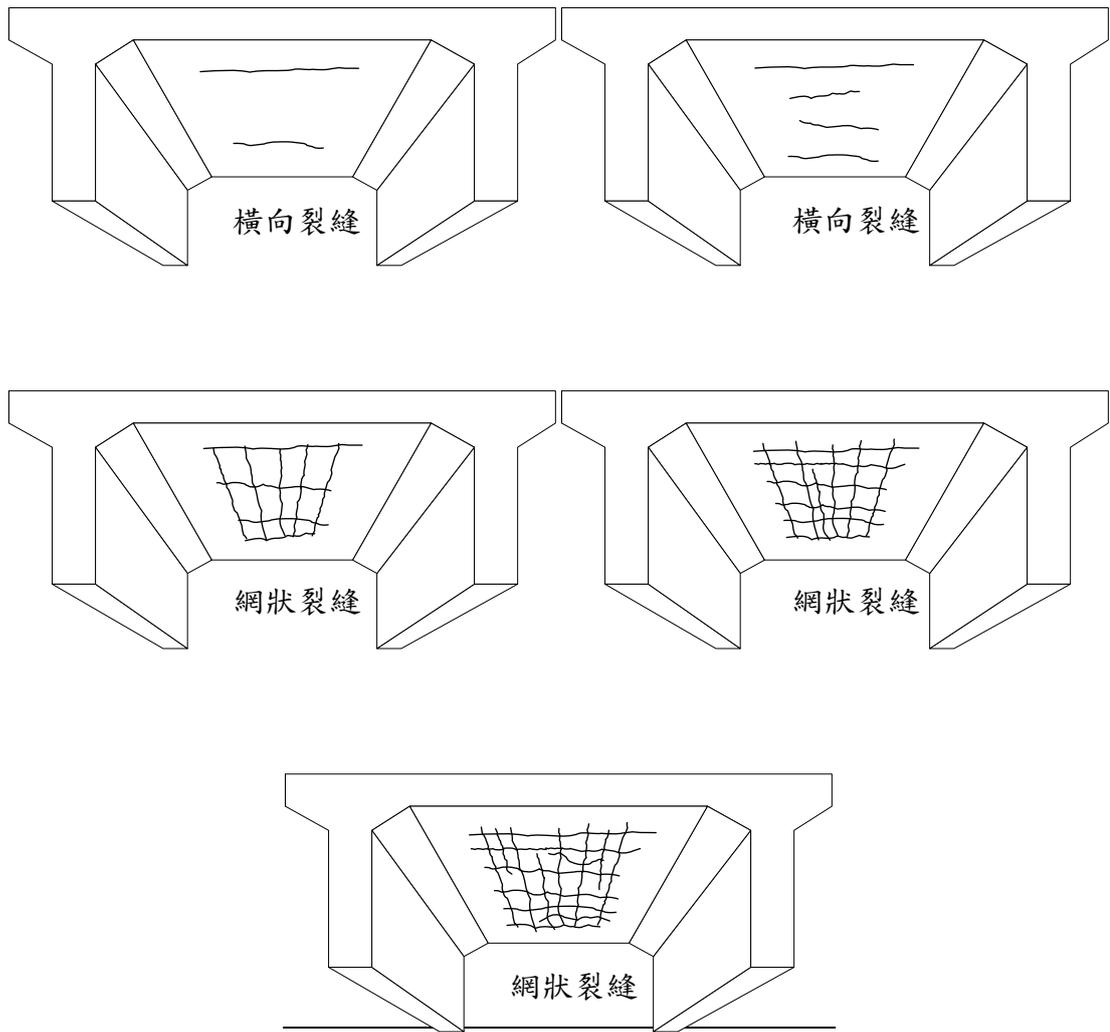


圖 C3.3.17 混凝土橋面板裂縫示意圖

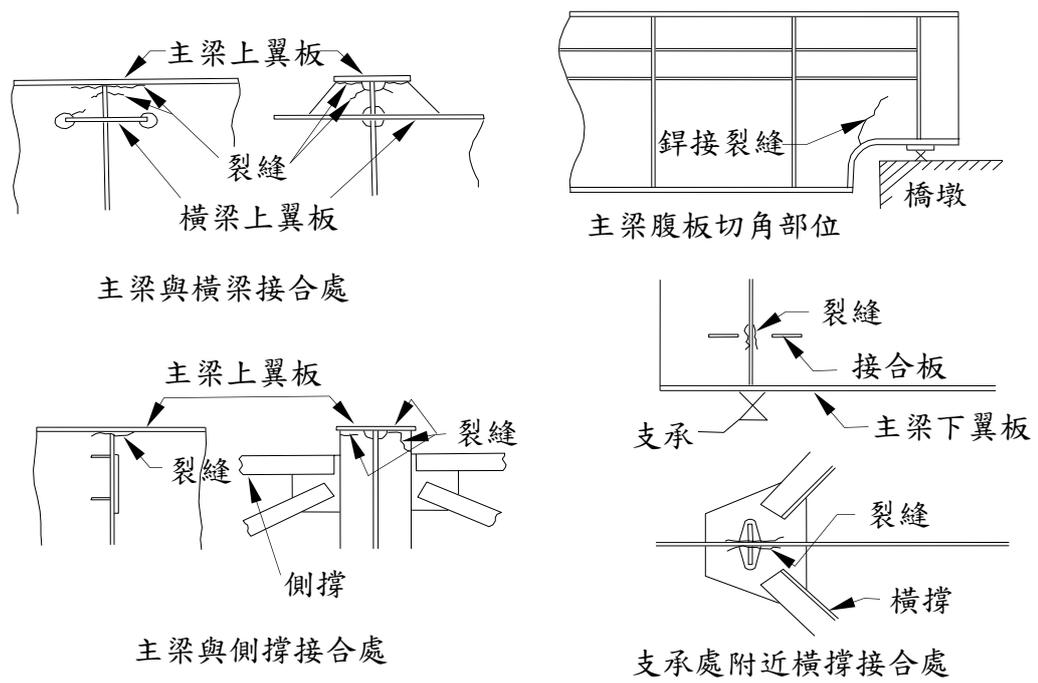


圖 C3.3.18 鋼結構裂縫現象示意圖

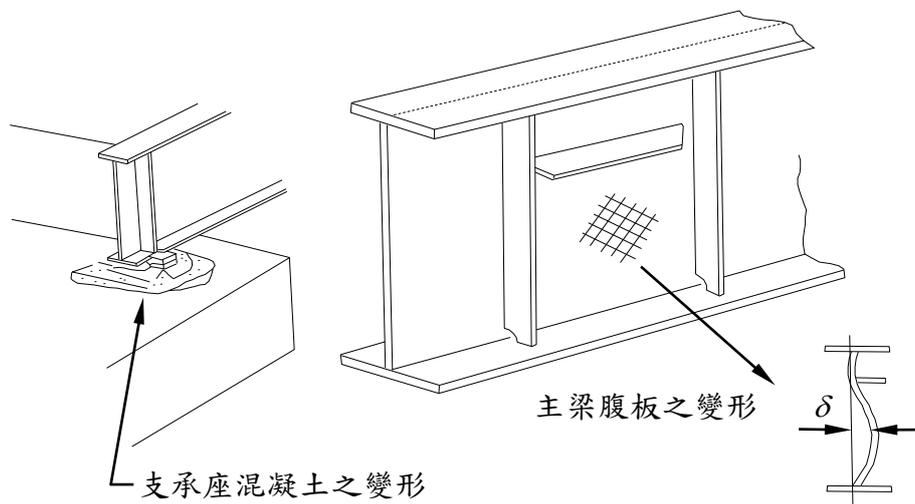


圖 C3.3.19 鋼結構變形現象示意圖

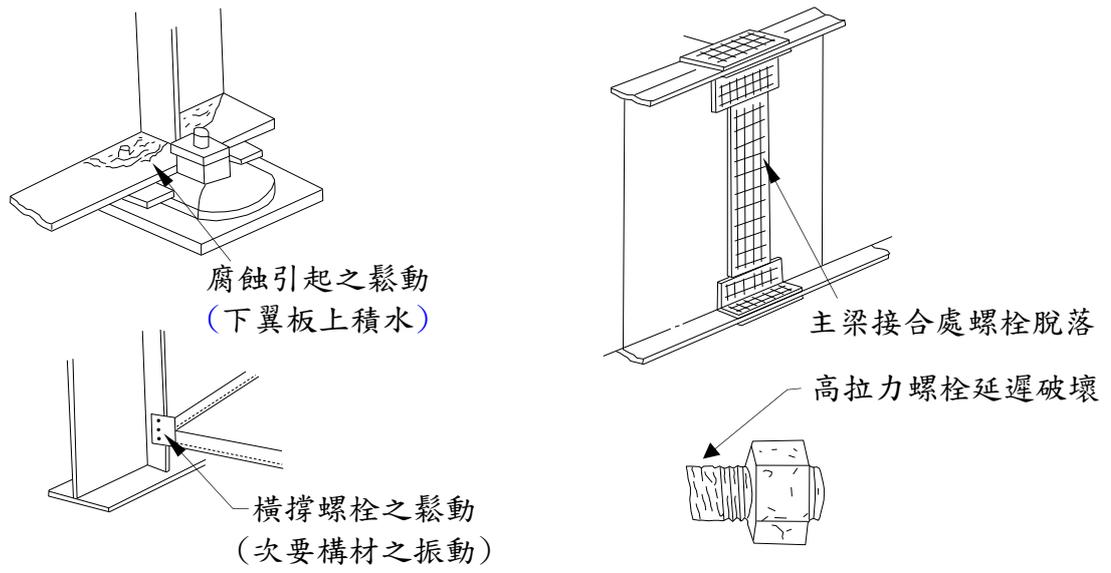


圖 C3.3.20 鋼結構螺栓鬆動或脫落現象示意圖

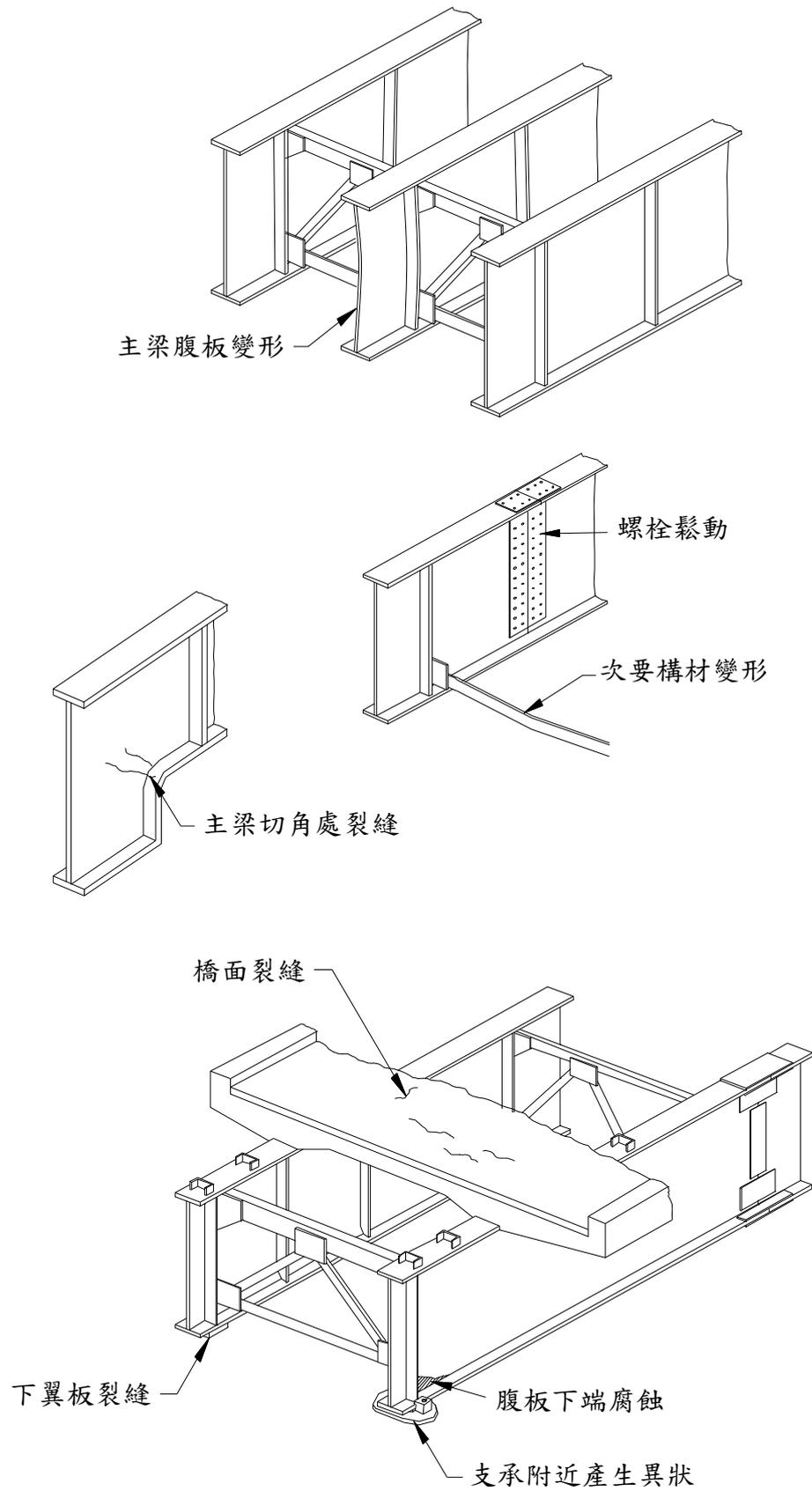


圖 C3.3.21 I 型鋼梁主要劣化損傷示意圖

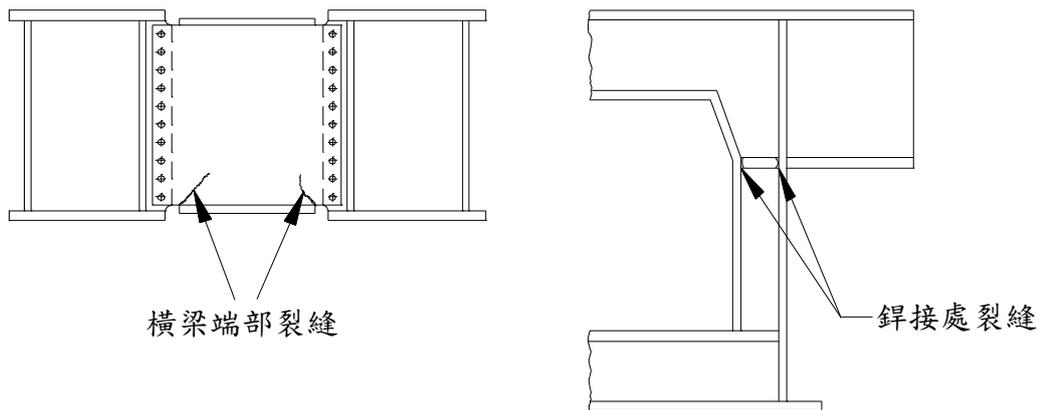
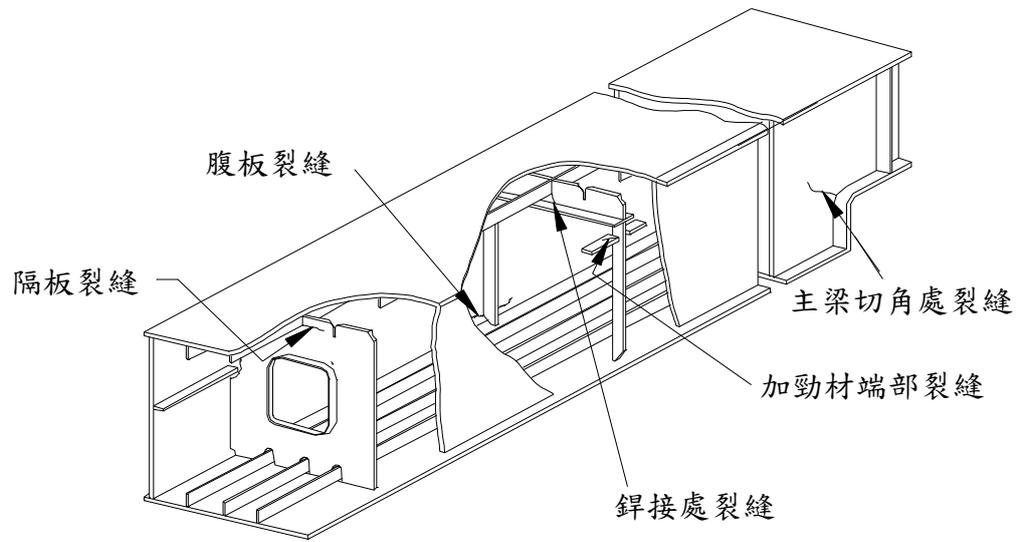
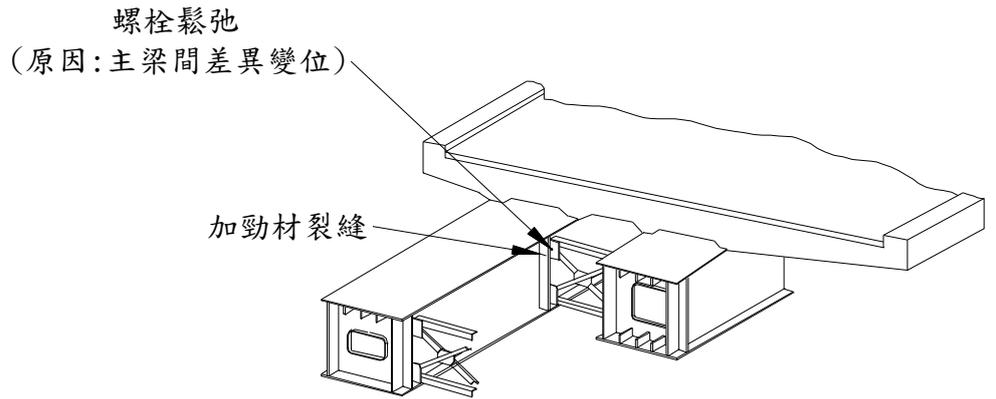


圖 C3.3.22 箱型鋼梁主要劣化損傷示意圖

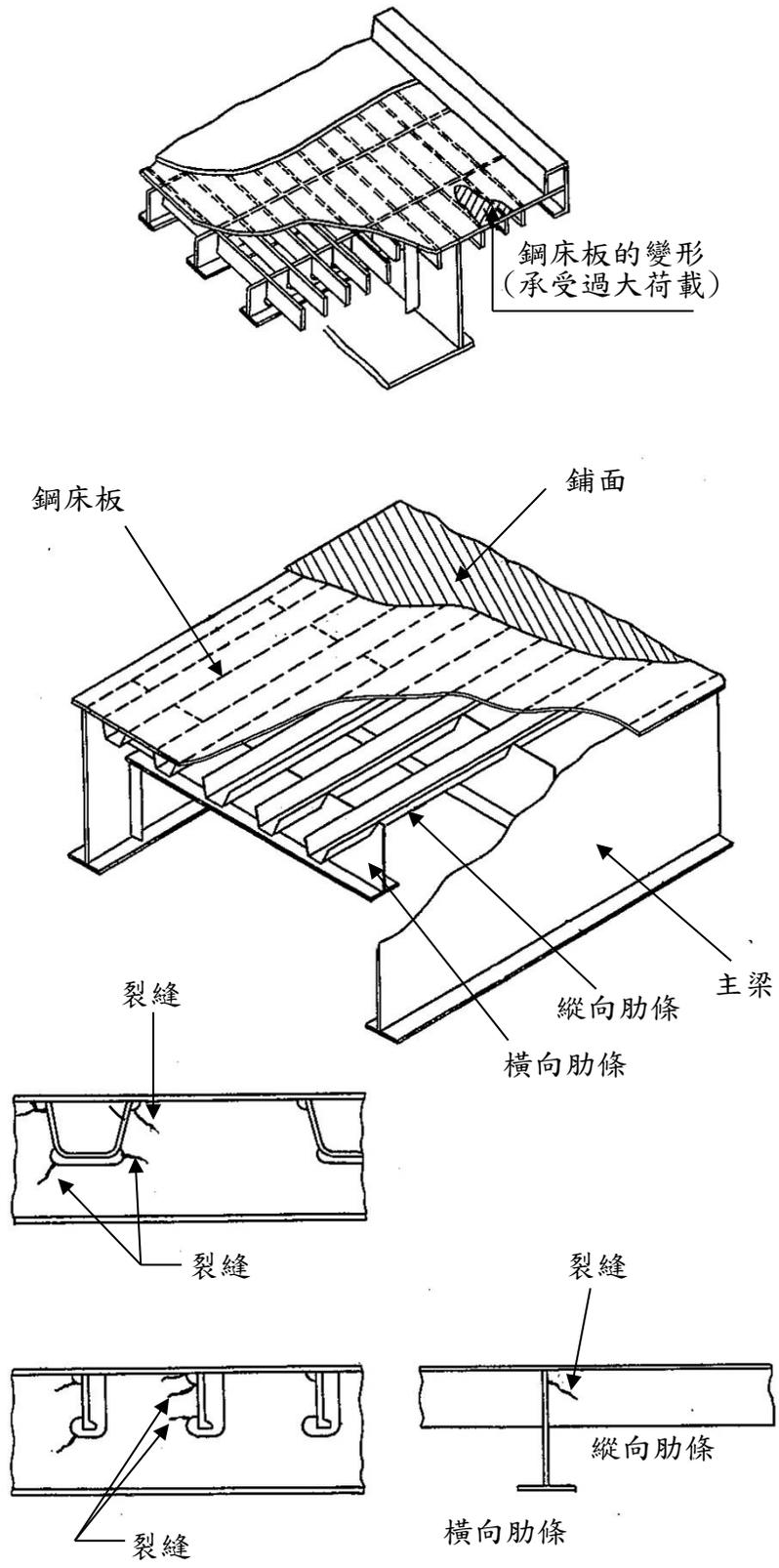


圖 C3.3.23 鋼床板梁主要劣化損傷示意圖

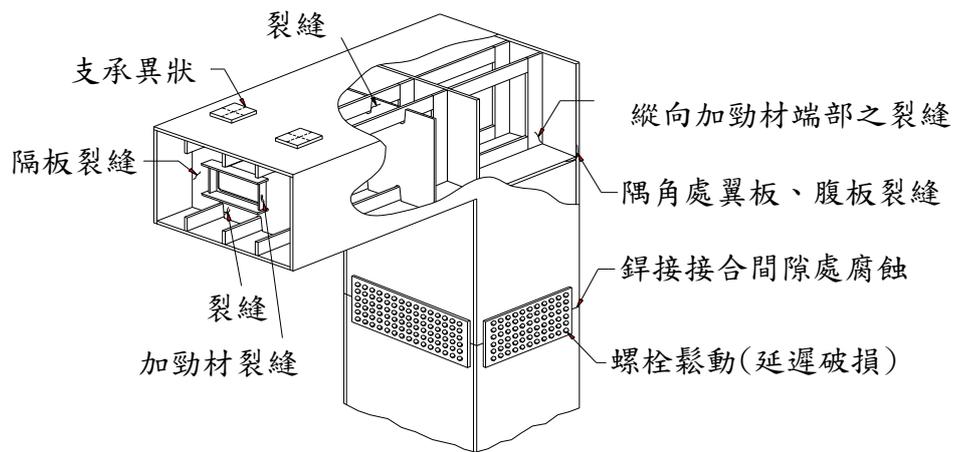


圖 C3.3.24 鋼橋墩主要劣化損傷示意圖

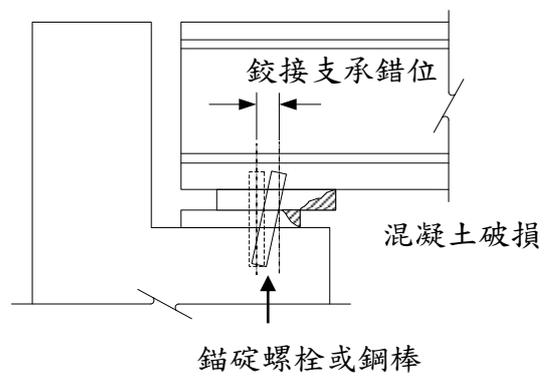
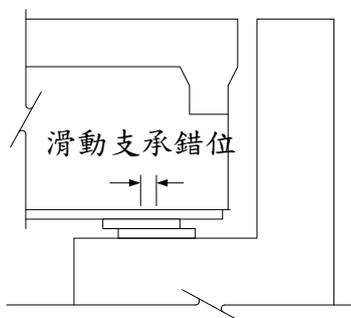
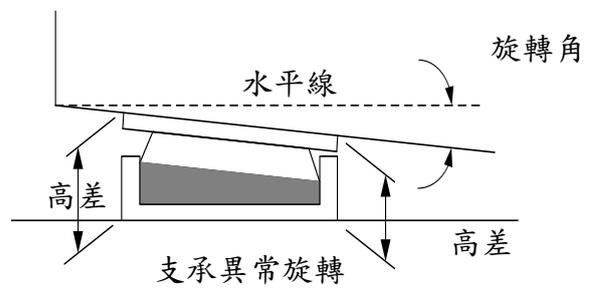
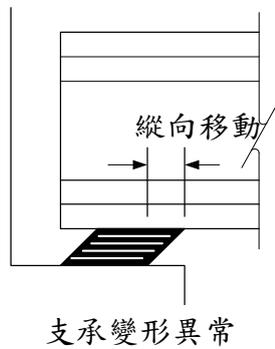
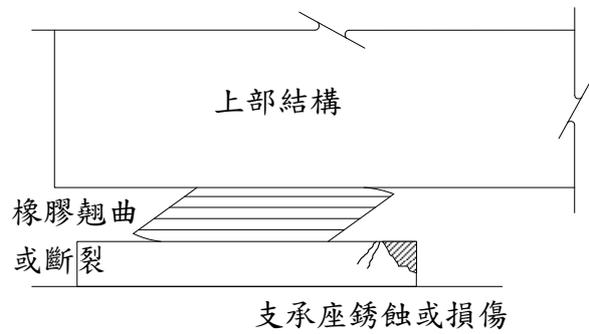
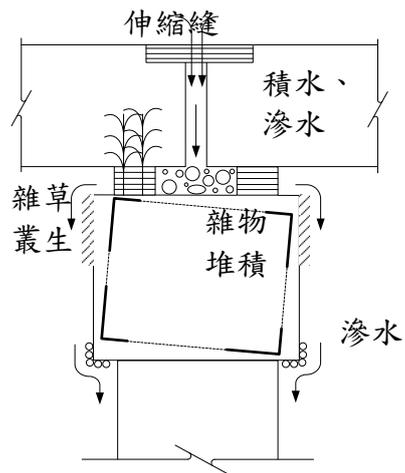


圖 C3.3.25 支承裝置劣化損傷示意圖

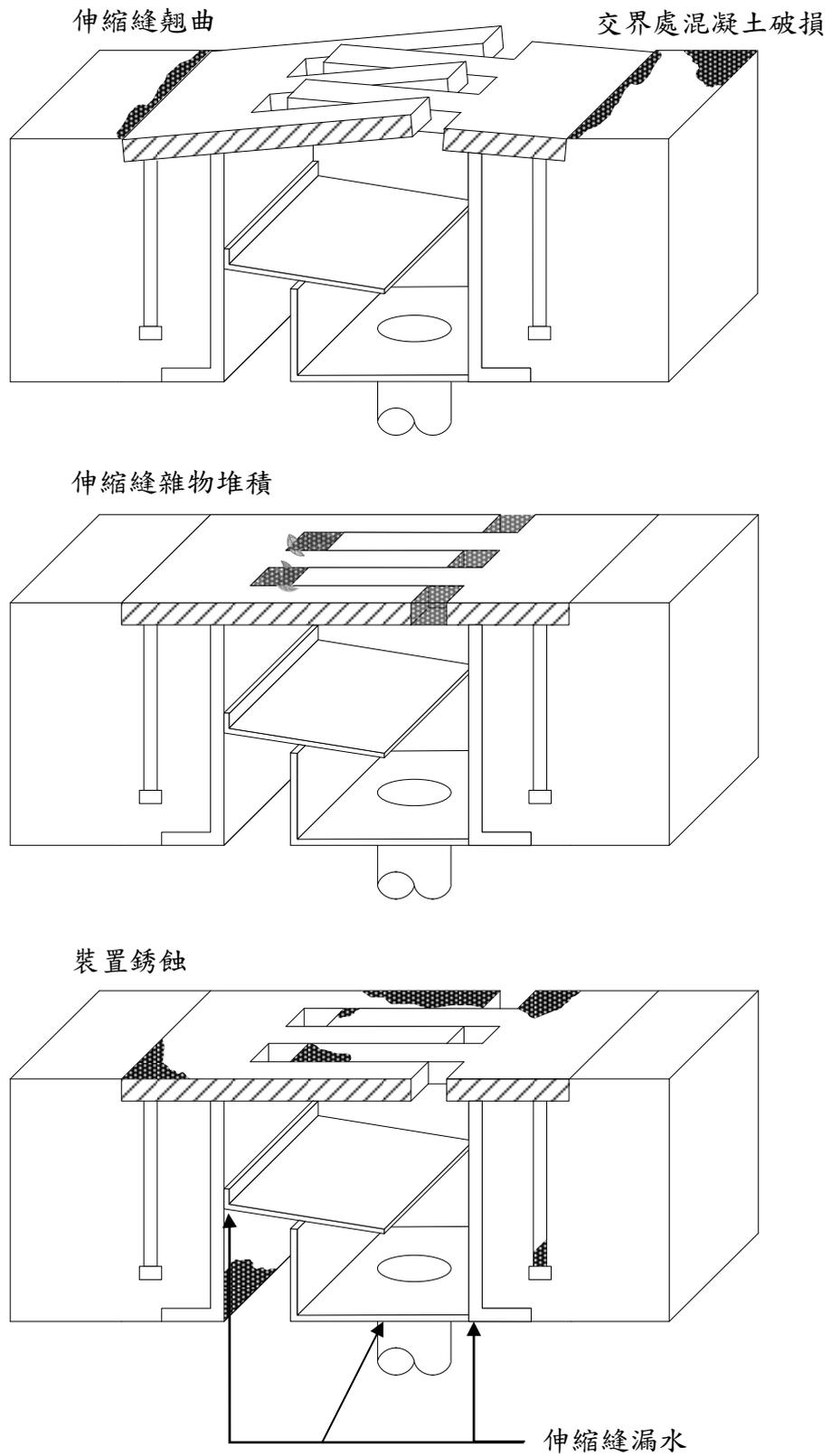


圖 C3.3.26 齒型伸縮縫劣化損傷示意圖

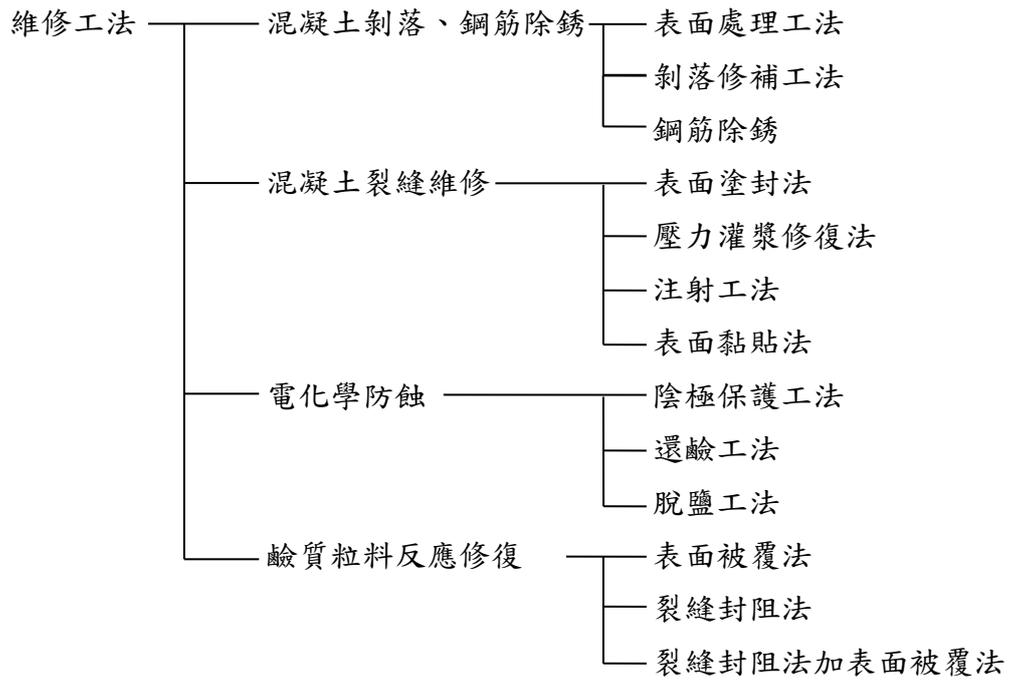


圖 C7.4.1 維修工法分類

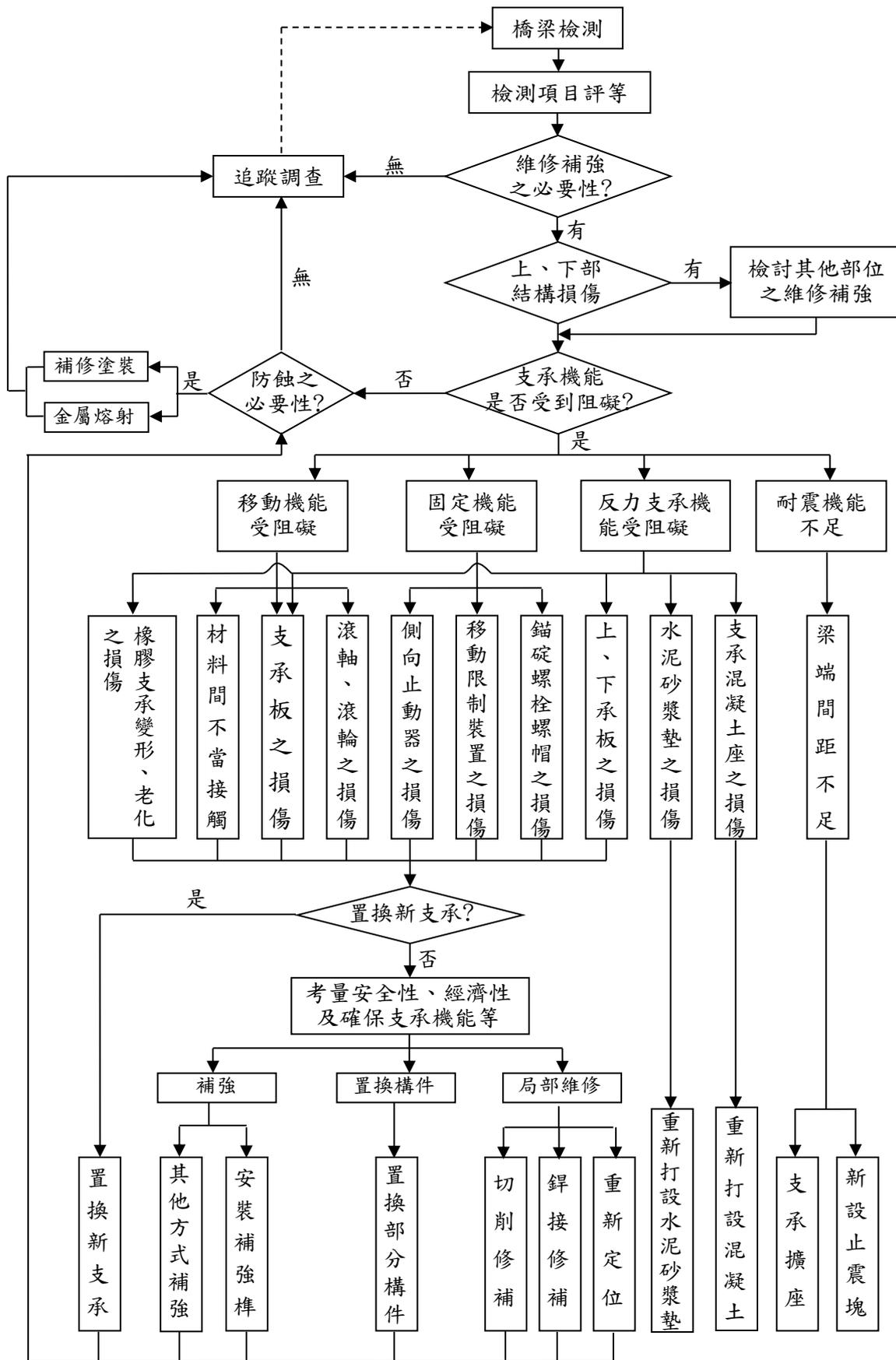


圖 C7.8.1 決定支承維修與置換工法之流程圖

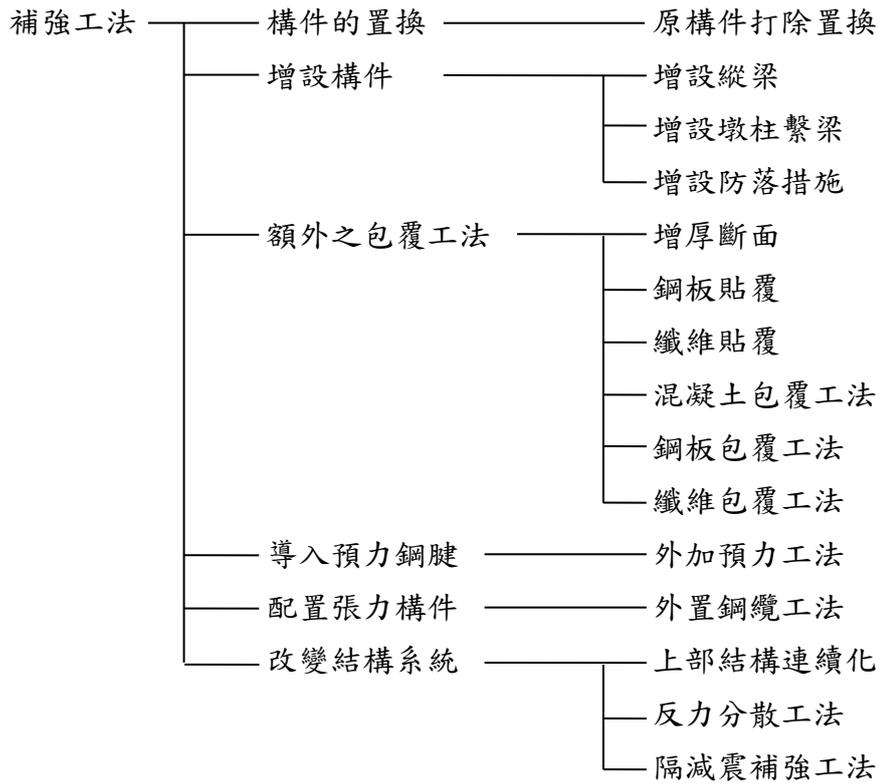


圖 C7.10.1 補強工法分類

# 人行天橋維護管理之督導考核及評鑑作業要點

一、內政部為建立人行天橋維護管理制度並落實執行，以確保人行天橋結構穩定，延長人行天橋使用年限，維護公眾通行安全，特訂定本要點。

二、人行天橋之維護管理包括基本資料與初始資料建立、檢測、安全評估、維修與補強、維護管理人員之教育訓練、維護管理制度、人行天橋管理資訊系統運用及相關資料之更新。

三、本要點用詞，定義如下：

(一) 政府機關(構)：在中央指行政院所屬各級機關(構)；在地方指直轄市政府、縣(市)政府、鄉(鎮、市)公所、直轄市山地原住民區公所及其所屬機關(構)。

(二) 主管機關：在中央為該人行天橋主管之行政院所屬二級機關；在直轄市為直轄市政府；在縣(市)為縣(市)政府。

(三) 養護管理機關：指養護單位所屬機關(構)之上一級機關。

(四) 養護單位：人行天橋養護作業實際執行單位。

(五) 人行天橋：指總長達六公尺，供行人通行並跨越地面、水面、道路或軌道之結構物。但不包含箱涵或管涵等結構物、車行橋梁附屬之人行橋、建築空橋及自行車橋。

(六) 養護：指為維持人行天橋原有效用，依規定採行之維護措施。

(七) 考核：指為評估養護成效而採行之考查及評核措施。

(八) 督導：指為健全人行天橋維護管理制度而採行之監督及指導措施。

(九) 評鑑：指為落實人行天橋整體維護管理作業而採行之評核措施。

四、本要點人行天橋養護之督導、考核、評鑑實施權責及層級：

(一) 中央政府機關(構)、中央公立學校及國營事業機構所轄供公眾通行之人行天橋，由其養護單位養護；由其養護管理機關或協商指定機關定期考核養護情形；並由該人行天橋之中央主管機關或協商指定機關定期督導。

(二) 地方政府機關(構)、地方公立學校及地方公營事業機構所轄供公眾通行之人行天橋，由其養護單位養護；由其地方主管機關或協商指定機關定期督導、考核養護情形；地方主管機關，應於每年度終了後三個月內，將所轄人行天橋之檢測及維修情形，報中央主管機關備查，中央主管機關應視需要定期評鑑之。

(三) 民間經政府機關(構)核准興建供公眾通行之人行天橋，由其所有人養護；並由其所在之直轄市、縣(市)政府定期督導及考核。但由中央主管機關核准興建者，由該中央主管機關或協商指定機關定期督導及考核。

五、各人行天橋之中央主管機關歸屬，依建設經費補助、所在區位、轄管法令等原則認定。如有爭議，由養護單位報請上級機關處理，必要時得送請行政院公共工程委員會認定之。

六、督導、考核及評鑑之項目、標準及配分方式，由各人行天橋督導考核及評鑑主辦機關自行訂定，並得視執行成效及維護管理重點調整變更。

七、受評鑑機關成績優良者對外公布，相關人員視績效予以獎勵；地方政府評鑑成績優良者得為相關計畫經費補助分配之依據。

八、受評鑑機關成績應改善者，於人行天橋管理資訊系統網站進行公布、列管及追蹤，改善結果列為下次評鑑依據。

九、為辦理人行天橋維護管理作業，內政部建置之人行天橋管理資訊系統開放各中央及地方主管機關視需要使用之。