



國家運輸安全調查委員會

重大公路事故 事實資料報告

中華民國 108 年 10 月 1 日
南方澳大橋斷裂重大公路事故

報告編號：TTSB-HFR-20-05-001

報告日期：民國 109 年 5 月

目錄

目錄.....	i
圖目錄.....	iii
表目錄.....	vi
第 1 章 事實資料.....	1
1.1 事故經過及救援.....	1
1.2 人員傷害.....	3
1.3 橋梁損害情況.....	3
1.4 其他損害情況.....	4
1.4.1 車輛撞擊及損害情況.....	4
1.4.2 漁船撞擊及損害情況.....	5
1.5 橋梁資料.....	6
1.5.1 橋梁設計與興建.....	6
1.5.2 橋梁基本資料.....	6
1.5.3 主橋結構.....	7
1.5.3.1 主橋拱架.....	9
1.5.3.2 主橋吊索.....	11
1.5.3.3 主橋端錨系統.....	11
1.5.3.4 主橋橋面大梁及其他結構.....	12
1.5.3.5 主橋橋面瀝青鋪面.....	13
1.6 橋梁維修、檢測及使用.....	14
1.6.1 橋梁維修.....	14
1.6.1.1 保固期滿前維修.....	15
1.6.1.2 保固期滿後續維修.....	15
1.6.2 橋梁檢測.....	17
1.6.3 橋梁監測.....	23
1.6.4 橋梁使用.....	24
1.6.4.1 消波塊載運工程.....	24
1.6.4.2 土方載運工程.....	31
1.6.4.3 消波塊及土方總載運統計.....	34
1.7 天氣及地震資料.....	35
1.7.1 天氣概述.....	35
1.7.2 地面觀測資料.....	37
1.7.3 地震資料.....	38
1.8 紀錄器.....	38
1.8.1 車載紀錄器資料.....	38
1.8.2 影像資料.....	38

1.9	現場量測資料.....	42
1.9.1	事故現場空中及地面測繪資料	42
1.10	橋梁損害紀錄.....	48
1.10.1	主橋端錨損害資料.....	48
1.10.2	主橋吊索系統損害資料	51
1.10.3	鋼絞線孔位匹配與拱架端錨承壓狀況	58
1.10.4	主橋橋面大梁損害資料	60
1.11	測試與研究.....	63
1.11.1	鋼絞線拉伸試驗.....	63
1.11.2	事故橋梁之錨頭非破壞探傷檢測	66
1.11.3	新製錨頭拉伸試驗.....	68
1.11.4	橋面瀝青鋪面鑽心取樣	71
1.12	組織與管理.....	73
1.12.1	橋梁維護及管理.....	73
1.12.1.1	南方澳大橋之維管機關	73
1.12.1.2	臺灣地區橋梁資訊管理系統	74
1.12.2	橋梁維護管理之相關規範	75
1.12.2.1	橋梁檢測與補強規範	75
1.12.2.2	橋梁檢測及維護方法	77
1.12.2.3	車輛載重相關規範	80
1.12.2.4	道路鋪面改善工程規範	83
1.12.3	橋梁資料之保存.....	84
1.12.3.1	南方澳大橋橋梁紀錄	84
1.13	訪談資料.....	85
1.14	橋梁歷程.....	85
附錄 1	橋面勘查紀錄.....	94
附錄 2	鋼絞線拉伸試驗報告.....	135
附錄 3	HS20-44 (MS18) 載重、彎矩、剪力及反力列表	141
附錄 4	道路交通安全規則附件十一	145
	附件清單.....	147

圖目錄

圖 1.1-1	南方澳大橋斷裂情形 (一)	1
圖 1.1-2	南方澳大橋斷裂情形 (二)	2
圖 1.1-3	事故救災狀況	3
圖 1.3-1	橋梁損害情形	4
圖 1.4-1	受損之油罐車	4
圖 1.4-2	新臺勝 33 號漁船	5
圖 1.4-3	新臺勝 266 號漁船	5
圖 1.4-4	新臺勝 366 號漁船	6
圖 1.5-1	南方澳大橋位置圖	7
圖 1.5-2	主橋立面圖	8
圖 1.5-3	主橋結構示意圖	8
圖 1.5-4	主橋拱架平面圖	9
圖 1.5-5	主橋拱架之拱圈及拱柱	10
圖 1.5-6	主橋拱架結構圖	10
圖 1.5-7	拱圈及拱柱斷面圖	11
圖 1.5-8	南方澳大橋竣工圖端錨構造	12
圖 1.5-9	橋面大梁剖面圖	13
圖 1.5-10	吊索支承座圖	13
圖 1.5-11	AC 鋪面斷面圖	14
圖 1.6-1	監測系統儀器佈設圖 (一)	23
圖 1.6-2	監測系統儀器佈設圖 (二)	24
圖 1.6-3	蘇澳港堤防及公共道路鋪面等改善整修工程載運路線	25
圖 1.6-4	蘇澳港堤防及公共道路鋪面等改善整修工程載運消波塊車輛	26
圖 1.6-5	蘇澳港豆腐岬潛堤及設施工程載運路線	27
圖 1.6-6	蘇澳港豆腐岬潛堤及設施工程載運消波塊車輛	28
圖 1.6-7	蘇澳港外廓防波堤災損修復工程載運路線	28
圖 1.6-8	蘇澳港外廓防波堤災損修復工程載運消波塊車輛	30
圖 1.6-9	蘇澳港填方區封堵、海堤修復工程載運路線	30
圖 1.6-10	蘇澳港填方區封堵、海堤修復工程載運消波塊車輛	31
圖 1.6-11	蘇澳港第四港渠位置圖	32
圖 1.6-12	蘇澳港第四港渠放置廢棄土石方工程設施圖	33
圖 1.7-1	0800 時中央氣象局地面天氣圖	36
圖 1.7-2	0800 時中央氣象局颱風路徑潛勢預報圖	36
圖 1.7-3	9 月 28 日 0 時至 10 月 1 日 12 時風速資料	37
圖 1.7-4	9 月 28 日 0 時至 10 月 1 日 12 時風向資料	37
圖 1.7-5	中央氣象局地震報告	38

圖 1.8-1	監視錄影設備與南方澳大橋位置關係	39
圖 1.8-2	0930:02.77 時監視錄影畫面	40
圖 1.8-3	0930:02.80 時監視錄影畫面	40
圖 1.8-4	0930:03.03 時監視錄影畫面	41
圖 1.8-5	0930:03.27 時監視錄影畫面	41
圖 1.8-6	0930:05.13 時監視錄影畫面	42
圖 1.9-1	事故現場位置示意圖	43
圖 1.9-2	無人機測繪正射影像圖	43
圖 1.9-3	無人機測繪正射影像圖 (東岸搜救作業區)	44
圖 1.9-4	無人機測繪三維點雲資料	44
圖 1.9-5	事故後東側橋墩結構損傷情形	45
圖 1.9-6	事故後西側橋墩結構損傷情形	45
圖 1.9-7	國震中心 LiDAR 三維點雲成果	46
圖 1.9-8	殘存之主橋吊索	46
圖 1.9-9	殘存主拱吊索之 LiDAR 三維點雲	47
圖 1.9-10	主橋拱圈傾倒情形	47
圖 1.10-1	事故橋梁之上下端錨構造圖	48
圖 1.10-2	部分錨頭承壓端墊有墊片	49
圖 1.10-3	開孔數 14 及 19 之錨頭	49
圖 1.10-4	事故橋梁之夾片照片及尺寸	50
圖 1.10-5	夾片三視圖	50
圖 1.10-6	吊索套管破壞狀況	51
圖 1.10-7	事故後吊索狀況	52
圖 1.10-8	事故後 13 條吊索的殘留狀況	53
圖 1.10-9	浸水吊索 (藍色處) 與水線套疊示意圖	53
圖 1.10-10	第 1-9 號吊索入水狀況 (面北)	54
圖 1.10-11	第 1-7 號吊索入水狀況 (面南)	54
圖 1.10-12	第 7-13 號吊索入水狀況 (面北)	55
圖 1.10-13	第 9-13 號吊索入水狀況 (面南)	55
圖 1.10-14	鋼絞線與錨頭脫離	56
圖 1.10-15	鳥籠狀況	57
圖 1.10-16	退絞狀況	57
圖 1.10-17	頸縮斷裂狀況	57
圖 1.10-18	鏽蝕狀況	58
圖 1.10-19	吊索顯著破壞狀況總覽	58
圖 1.10-20	承壓板壓痕偏心現象	59
圖 1.10-21	未使用孔位上下錨頭不平行匹配	59
圖 1.10-22	橋面大梁拆除切割位置示意圖	60

圖 1.10-23	節塊斷面圖	60
圖 1.10-24	C3-2、C4 節塊連接斷面圖（西側）	61
圖 1.10-25	C3-2、C4 節塊連接斷面圖（東側）	62
圖 1.11-1	鋼絞線取樣示意圖	64
圖 1.11-2	鋼絞線試驗件	64
圖 1.11-3	拉伸試驗機台及斷裂鋼絞線	65
圖 1.11-4	拉伸試驗完成之斷裂鋼絞線	65
圖 1.11-5	錨頭檢測區域	66
圖 1.11-6	螢光探傷檢測	67
圖 1.11-7	10 號上錨頭側面之表面裂紋	68
圖 1.11-8	12 號上錨頭側面之表面裂紋	68
圖 1.11-9	新舊錨頭之比較圖	70
圖 1.11-10	新製錨頭及新製夾片	70
圖 1.11-11	錨頭開孔與實際安裝之鋼絞線	70
圖 1.11-12	新製錨頭拉伸試驗照片	71
圖 1.11-13	鑽心位置示意圖	72
圖 1.11-14	鋪面厚度俯視示意圖	73
圖 1.12-1	我國公路橋梁相關規範演進圖	77

表目錄

表 1.6-1	鋪設完成後鑽心檢測結果	16
表 1.6-2	橋梁劣化狀況之檢測評等準則	17
表 1.6-3	歷年南方澳大橋 DERU 目視檢測紀錄	19
表 1.6-4	蘇澳港堤防及公共道路鋪面等改善整修工程載運統計表	25
表 1.6-5	蘇澳港豆腐岬潛堤及設施工程載運統計表	27
表 1.6-6	蘇澳港外廓防波堤災損修復工程載運統計表	29
表 1.6-7	蘇澳港填方區封堵、海堤修復工程載運統計	31
表 1.6-8	總載運土方重量統計表	34
表 1.6-9	經過南方澳大橋工程總載運時程表	35
表 1.11-1	鑽心檢測報告及現場量測數據	72
表 1.12-1	各規範橋梁檢測及維護方法比較	78
表 1.14-1	南方澳大橋橋梁歷程	85

第1章 事實資料

1.1 事故經過及救援

民國 108 年 10 月 1 日 0930 時，南方澳大橋橋面斷裂崩塌，如圖 1.1-1、圖 1.1-2 所示，橋體包括橋面板、橋拱等向下墜落約 18 公尺，掉落到南方澳漁港航道內。當時橋上一輛台灣中油股份有限公司（以下簡稱中油）油罐車正經由南方澳大橋前往南方澳漁友漁船加油站，亦隨斷裂之橋面墜落並起火燃燒。墜落之橋面壓毀 3 艘停靠於南方澳大橋下之漁船。

本次事故共造成 6 名船員罹難，9 名船員、1 名油罐車駕駛員及 3 名執行搶救之人員受傷。



圖 1.1-1 南方澳大橋斷裂情形（一）

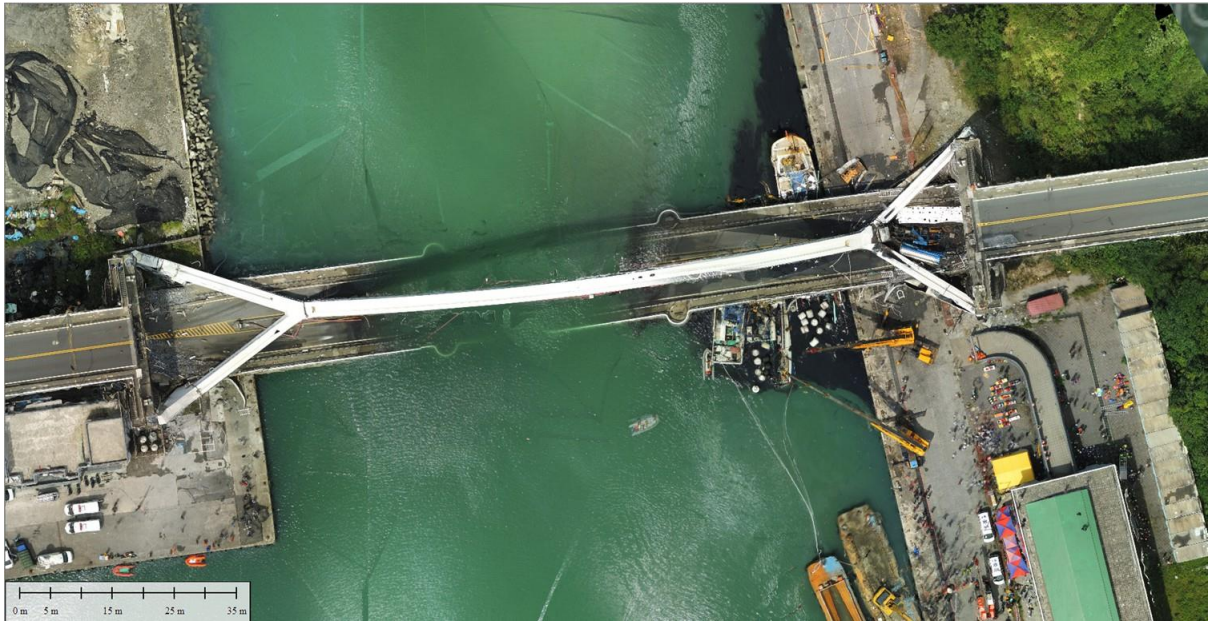


圖 1.1-2 南方澳大橋斷裂情形（二）

事故當日 0930 時，宜蘭縣政府消防局（以下簡稱消防局）接獲民眾電話報案，蘇澳鎮南方澳跨海大橋發生坍塌，現場有人員受困。消防局即派遣第二大隊、特搜大隊、蘇澳分隊、南方澳分隊、馬賽分隊、冬山分隊、五結分隊、特種分隊、宜蘭分隊、壯圍分隊、員山分隊、礁溪分隊等單位出動各式消防車輛及救災船艇並通報海巡署及警察局人員前往現場搶救，如圖 1.1-3 所示。

0946 時，消防局通知宜蘭縣在地之噶瑪蘭救難協會、蘭陽救援協會、蘭陽潛水協會、水上救生協會及海軍水下作業大隊等，派遣潛水人員並攜帶救生裝備前往救災。0951 時，消防局於現場設立前進指揮所，處理各救災單位指揮調度及橫向聯繫事宜。交通部接獲事故通報後，於 1030 時成立應變中心，行政院各部會加入事故救援。



圖 1.1-3 事故救災狀況

1.2 人員傷害

依據消防局及各醫療院所統計之資料，本事故總計 6 人死亡，13 人受傷，分別被送往臺北榮民總醫院蘇澳分院、羅東聖母醫院及羅東博愛醫院等 3 所醫院救治。

1.3 橋梁損害情況

橋梁毀損，數條吊索斷裂，端錨系統受損，橋面大梁斷裂後崩塌並沉入水下，主橋拱架之拱圈及拱柱接頭組斷裂，拱圈垮下後微傾倒，橋梁損害照片如圖 1.3-1。



圖 1.3-1 橋梁損害情形

1.4 其他損害情況

1.4.1 車輛撞擊及損害情況

事故發生前，一輛中油油罐車行經南方澳大橋上，橋面斷裂崩塌後，油罐車翻落造成車輛毀損並起火燃燒，如圖 1.4-1。



圖 1.4-1 受損之油罐車

該車為民國 105 年 3 月出廠之中油自用大貨車，核定總重為 26 公噸，載重為 15.42 公噸，其附掛之油罐槽容量為 20,200 公升，事故當時為空車。中油油罐車主要負責運送南方澳漁友漁船加油站之油品，每週進行 2 至 3 天，每天約 5 至 6 趟次之配送作業。

1.4.2 漁船撞擊及損害情況

主橋斷裂崩塌後，壓毀主橋下方等待加油的 3 艘漁船，如圖 1.1-2，由左至右依序為新臺勝 33 號、新臺勝 266 號、新臺勝 366 號等漁船，如圖 1.4-2 至 1.4-4 所示。

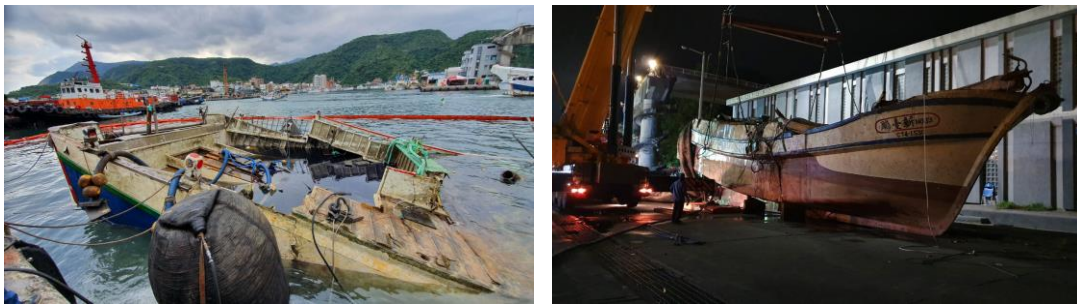


圖 1.4-2 新臺勝 33 號漁船



圖 1.4-3 新臺勝 266 號漁船

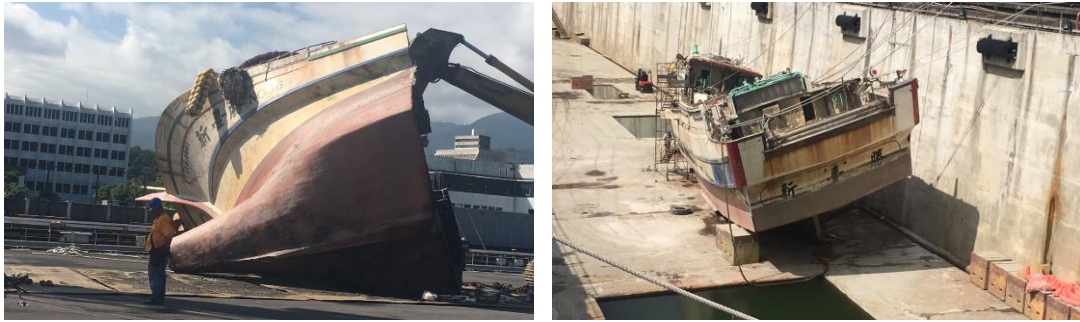


圖 1.4-4 新臺勝 366 號漁船

1.5 橋梁資料

1.5.1 橋梁設計與興建

民國 83 年 8 月 26 日前交通部基隆港務局（以下簡稱前基隆港務局）邀請宜蘭縣政府等相關單位，召開蘇澳港跨漁港航道拱橋興建協調會，決議由宜蘭縣政府代辦施工，經費由臺灣省政府交通建設基金支應。民國 84 年 1 月 3 日宜蘭縣政府與亞新工程顧問股份有限公司（以下簡稱亞新）簽訂工程規劃及設計契約，同月 13 日宜蘭縣政府召開「蘇澳港跨漁港航道拱橋興建工程規劃」期前簡報說明會，協調興建相關事宜。民國 84 年 8 月宜蘭縣政府提出興建工程規劃及初步設計報告，民國 85 年 1 月宜蘭縣政府與立永營造有限公司（以下簡稱立永）簽訂營造合約，工程經費約 2.7 億元，營造工程於同月 27 日開工。民國 87 年 9 月 14 日宜蘭縣政府辦理營造工程完工初驗，於同年 11 月 27 日完成複驗。

民國 87 年 12 月 15 日宜蘭縣政府發函通知前基隆港務局，拱橋營造工程已完成驗收，產權移交前基隆港務局並請其善加管養。

1.5.2 橋梁基本資料

南方澳大橋位於蘇澳港轄區內，位置如圖 1.5-1，橋梁含引道全長 896.92 公尺，由西向東起於蘇澳鎮江夏路至造船路止，跨越港區主橋長 140 公尺，橋寬 15 公尺，主橋高於海平面 18 公尺，主線雙向 2 車道，設有中央分向島及人行步道，並設置 4 處半圓形景觀平台。



圖 1.5-1 南方澳大橋位置圖

1.5.3 主橋結構

主橋為雙叉式單拱設計，主橋結構包含主橋拱架、吊索、端錨系統、橋面大梁及其他結構。橋體長度 140 公尺，寬度 15 公尺，主橋拱架與橋面大梁最大距離為 27.424 公尺，橋面大梁離水面 18 公尺，兩端以 750 公噸單向活動鋼支承與橋墩相接，主橋立面圖如圖 1.5-2，主橋結構示意圖如圖 1.5-3。

依據南方澳大橋竣工圖（詳附件 1）及亞新提供之資料，該橋設計規範係依據交通部「公路橋梁設計規範（76.1.19）」、「公路橋梁耐震設計規範（84.1.9）」、美國公路及運輸協會「公路橋梁標準規範（1992）」、ACI318-77「混凝土設計規範」、「日本道路橋示方書（1990）」等。橋面板及大梁採 HS20-44 活載重加重 50%，其他構件採 HS20-44 活載重設計荷重。主橋結構採用美國材料試驗協會 ASTM A709 G50W 橋梁結構用鋼，降伏強度為 3,500 公斤/平方公分 (345 MPa^1)；焊材為低氫素型，抗拉強度大於 72 Ksi^2 ；吊索 (stay cable) 採用英國 Bridon-Bekaert 公司製造之 7 線鋼絞線 (strand)；

¹ MPa 為百萬帕。

² Ksi 為千磅力/平方英寸。

吊索套管為奧地利製造之高密度聚乙烯 (high density polyethylene, HDPE)；主橋端錨系統 (anchorage) 為法國 Freyssinet 公司所製造；單向活動鋼支承為日本川口金屬工業所製造。

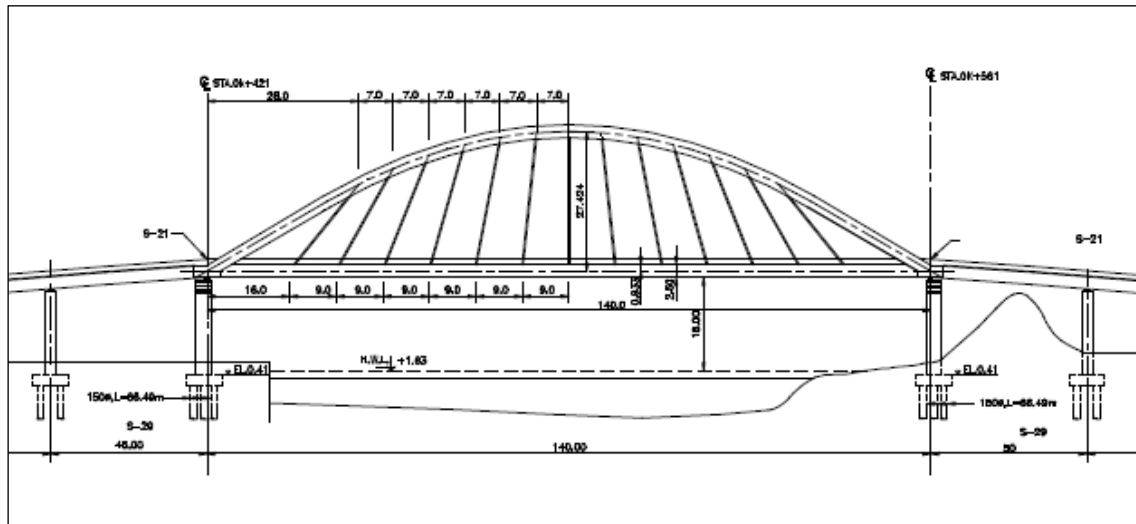


圖 1.5-2 主橋立面圖

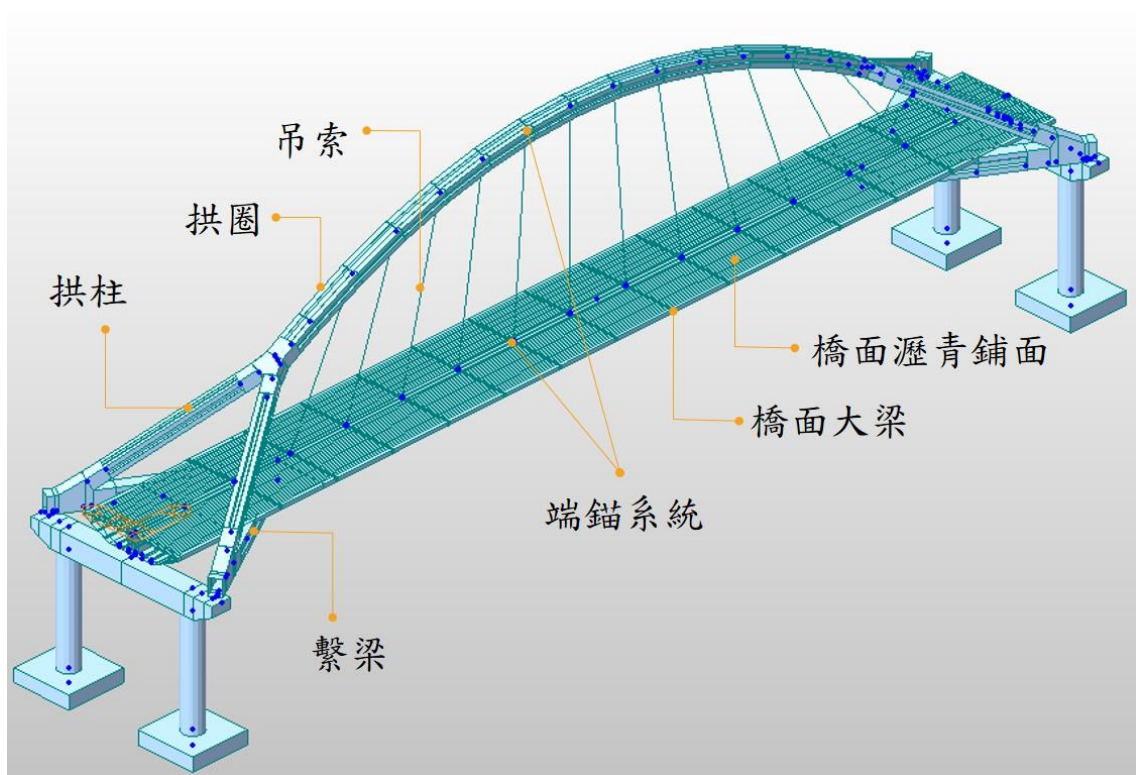


圖 1.5-3 主橋結構示意圖

1.5.3.1 主橋拱架

主橋拱架包括拱圈及拱柱，主橋拱架平面圖如圖 1.5-4（左側繪製有拱圈及拱柱，如紅框處），拱圈及拱柱如圖 1.5-5，拱柱為直線段，拱圈為拋物線段，由 7 段銲接而成，拱圈長度為 90 公尺，由中心位置往兩端每隔 7 公尺設置開口，以安裝端錨系統，拱柱為直線段，由單向活動支座支撐。主橋拱架結構如圖 1.5-6，拱圈與拱柱的斷面形狀如圖 1.5-7。

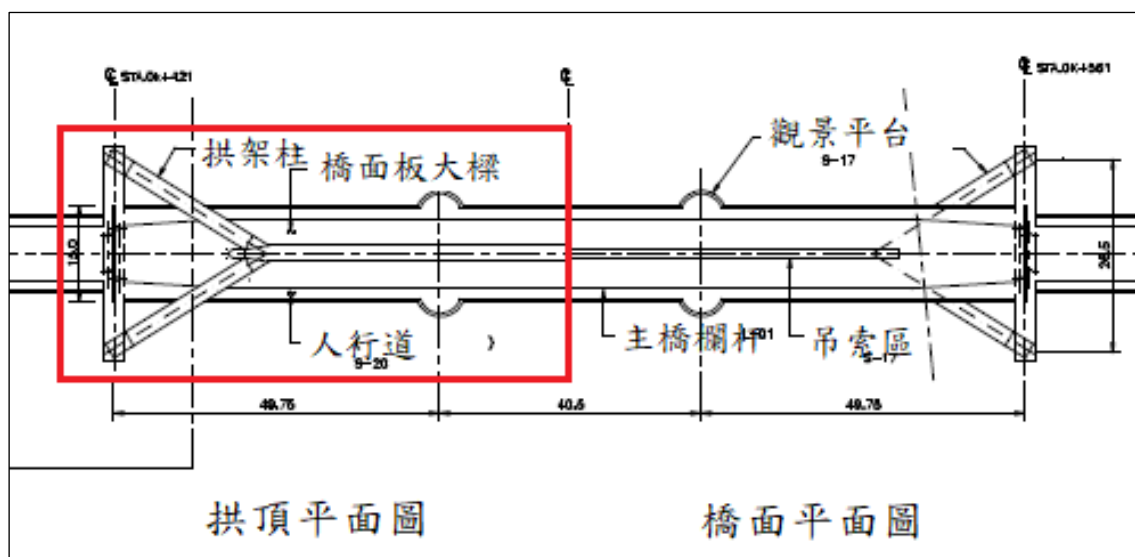


圖 1.5-4 主橋拱架平面圖



圖 1.5-5 主橋拱架之拱圈及拱柱

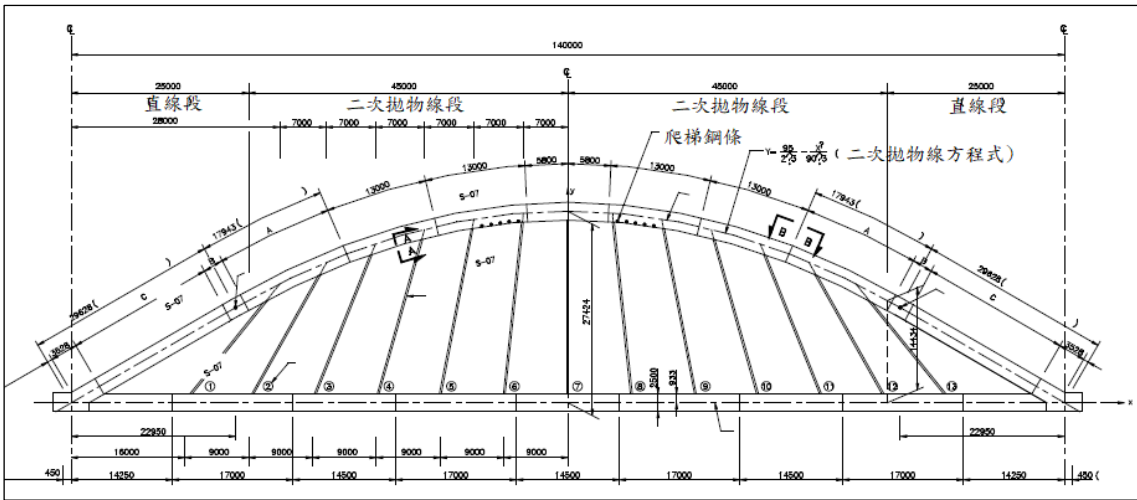


圖 1.5-6 主橋拱架結構圖

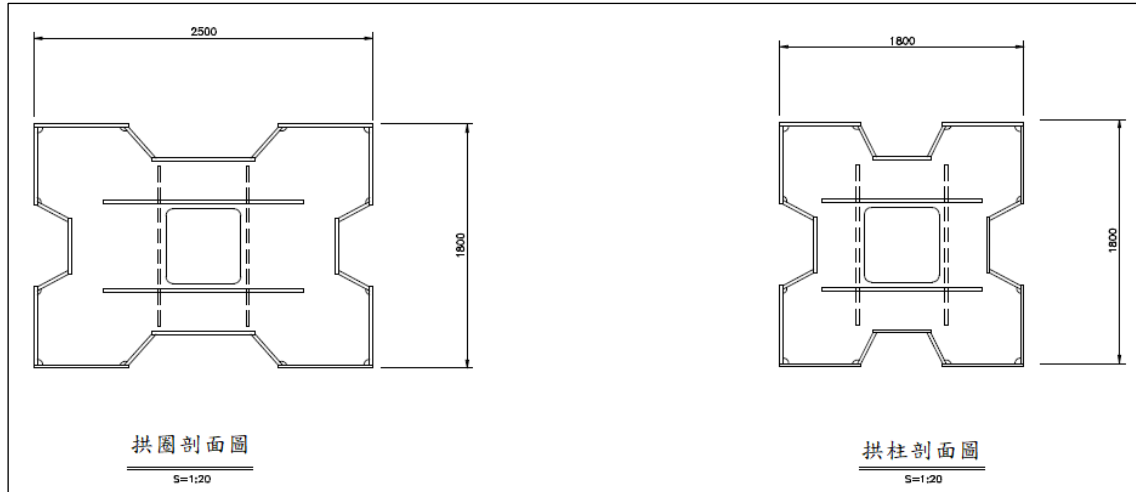


圖 1.5-7 拱圈及拱柱斷面圖

1.5.3.2 主橋吊索

橋梁主結構採後拉法預力系統（post-tensioned preload system）設計，且拱架與主橋是由 13 組端錨裝置搭配吊索承載其重量，全段採用無連結器之 7 線高拉力連續鋼絞線，除 1 號及 13 號³端錨配置 17 束鋼絞線外，其餘則各配置 13 束鋼絞線。13 組端錨各施拉 52 公噸預力，預載大橋總體之重量。吊索使用 7 線直徑 15.75 公釐（0.62 吋），標稱截面積 150 平方公釐之鍍鋅鋼絞線，拉伸負載為 265.5 千牛頓（27.1 公噸）。

1.5.3.3 主橋端錨系統

依橋梁竣工圖，預力端錨結構如圖 1.5-8。

³ 主橋 13 組端錨裝置由西向東，編號 1 至 13 號。

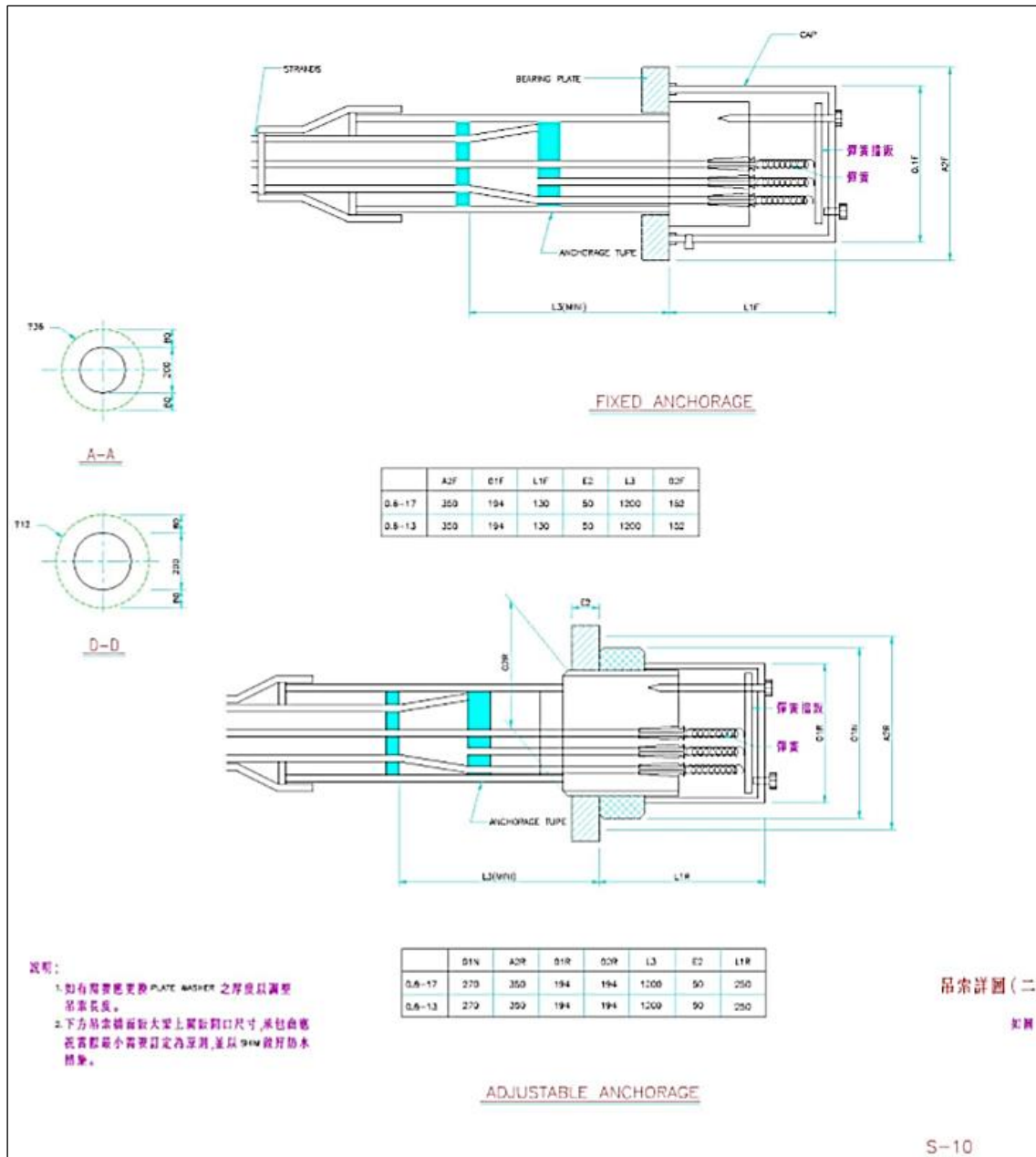


圖 1.5-8 南方澳大橋竣工圖端錨構造

1.5.3.4 主橋橋面大梁及其他結構

橋面大梁箱型斷面之上翼板寬度 15 公尺、下翼板寬度 7 公尺、高度 2.5 公尺，如圖 1.5-9，製成 14.5 公尺及 17 公尺長之方塊體，依序焊接而成。大梁每隔 4.5 公尺，以 T 型梁沿內側四周焊接加勁，並於兩斜對角位置加上大直徑的鋼管支撐，然後以兩支 I 型縱梁連接。同時，為再增加橋體剛

性，在上、下翼板內側焊以大數量的 U 型加勁板（以下簡稱 Urib）加勁。吊索集中於拱圈的範圍內，共配置 13 條吊索，分別固定至大梁中立部。支承條件為鉸支承（hinge），分別設置於拱圈上部及大梁下方，因吊索斜拉鉸支承端有較大之水平力產生，故吊索支承座以剪力鋼箱模式設計，如圖 1.5-10。

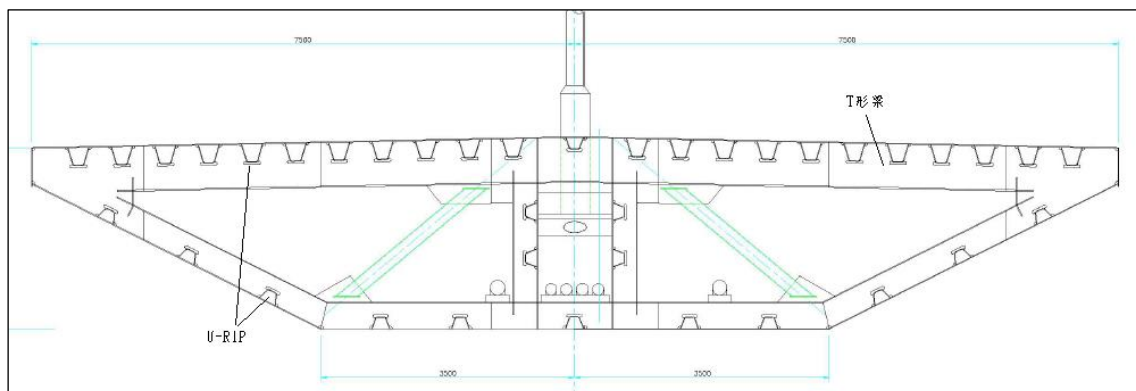


圖 1.5-9 橋面大梁剖面圖

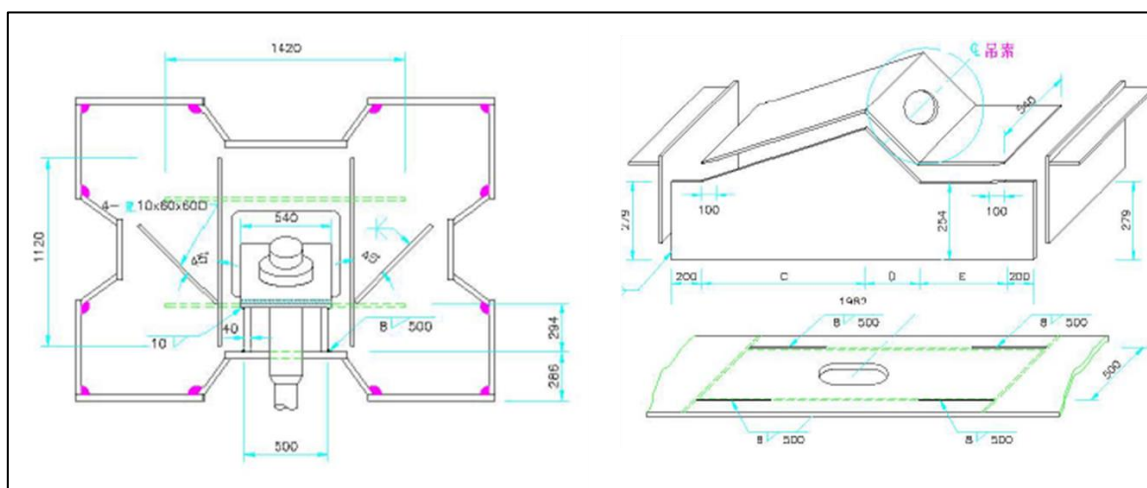


圖 1.5-10 吊索支承座圖

1.5.3.5 主橋橋面瀝青鋪面

主橋橋面瀝青混凝土（asphalt concrete, AC）鋪面設計依據美國瀝青學

會 1970 年版 MS-4 「The Asphalt Handbook」及日本道路協會 1978 年版「瀝青混凝土鋪裝要綱」設計，包含防水及結層⁴、上層 AC 和下層 AC 三層結構組成，如圖 1.5-11。防水及結層使用合成橡膠系溶劑型，在噴砂完成的乾燥橋面上塗佈。上下層 AC 厚度為 8 至 9.2 公分。

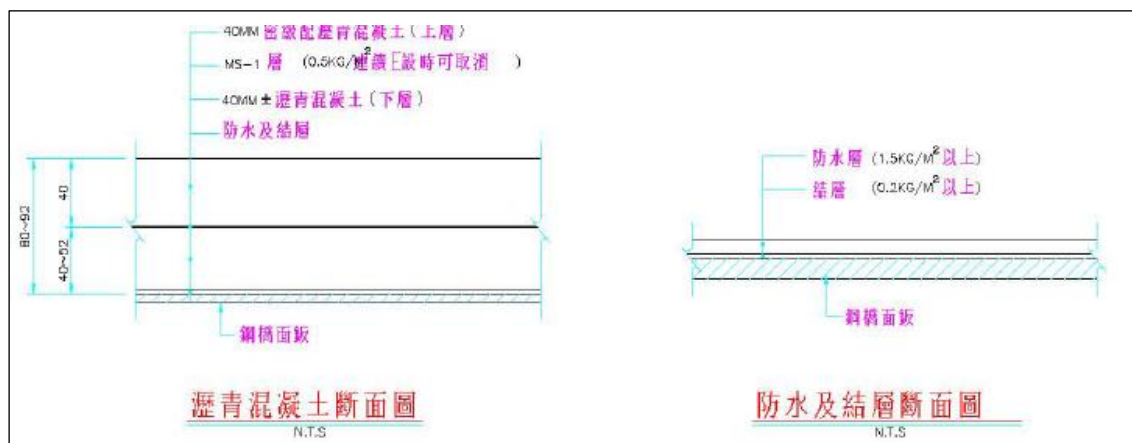


圖 1.5-11 AC 鋪面斷面圖

1.6 橋梁維修、檢測及使用

1.6.1 橋梁維修

南方澳大橋建置工程於民國 87 年 11 月 27 日驗收合格，保固期為 5 年，依據臺灣港務股份有限公司基隆分公司蘇澳港營運處（以下簡稱蘇澳港營運處）所提供資料，保固期內並未辦理過維護、保養工作。保固期滿前由宜蘭縣政府督導施工廠商執行契約保固工作，後續則由前交通部基隆港務局蘇澳港分局（以下簡稱蘇澳港分局）視平日巡查結果、參考規劃報告或依受通知之檢測後建議維護事項辦理維護，以下將針對保固期滿維修、保固期滿後續維修兩部分做說明。

⁴ 防水及結層為竣工圖內用字，通常以防水及黏結層稱之。

1.6.1.1 保固期滿前維修

宜蘭縣政府於民國 92 年 11 月 19 日辦理保固期滿前現場勘查，勘查結果為應進行主橋局部除銹補漆、引橋伸縮縫更換、投射燈具修復、人行步道局部剝落修復。考量原營造承包商立永已倒閉，故由橋梁營造工程之保固保證金辦理保固期滿之設計監造及維修工程案。

設計監造案採限制性招標，由橋梁原設計監造公司亞新得標，其依據橋梁竣工圖繪製維修工程案之設計圖，並製作工程發包文件；維修工程案採最低標，由正義土木包工業得標，依據本案契約內圖說敘明之工程內容為：鋼橋局部噴砂補漆、AB 型欄杆局部更新、750 公噸活動鋼支承除銹保養、主橋保養工作車除銹保養、鋼橋吊索套鐵件維修補漆、AB 型欄杆局部除銹補漆、安全方向導引標誌固定角材更新、混凝土裂縫補強及鋼筋外露處理等，於民國 93 年 10 月 12 日驗收合格。

1.6.1.2 保固期滿後續維修

宜蘭縣政府於民國 87 年 12 月 15 日函文前蘇澳港分局，辦理工程移交事宜並檢附工程結算驗收證明書、工程竣工決算圖表及移交清冊資料，當中並無與橋梁相關之養護說明資料。依據訪談紀錄顯示，當時蘇澳港分局係依據「台灣省宜蘭縣政府蘇澳港跨漁港航道拱橋興建工程規劃報告」中成本估算養護費用之建議，可自完工後（第 3 年起），逐年編列橋面及引道道路之費用；橋梁結構部分，則於第 9 年、第 14 年、第 19 年等，分別編列表面塗裝之養護費用。

保固期滿維修完成後，後續維修工作皆由前蘇澳港分局辦理，自民國 94 年至民國 108 年間共有 60 項橋梁維護工程（詳附件 2），其中如有民眾及其他機關反映或平日巡檢所發現之故障、損壞情形，多以小額採購方式修繕完成；另橋梁整體結構維護則依據規劃報告內之建議辦理道路及表面塗裝之工程，查上述期間內辦理主橋整體結構維護計有鋪面工程 1 次及油漆工程 2 次。

橋面鋪面工程

民國 106 年辦理「南方澳大橋與銜接引道既有道路鋪面及伸縮縫改善工程」，工程範圍為全路面（含引道上游路面、引道及主橋）刨除重鋪及更換伸縮縫，將原道路刨除 5 公分後再重鋪 5 公分，工程金額為 338 萬餘元，係橋梁完工後第一次辦理鋪面更換⁵。依據該工程合約施工說明文件，瀝青鋪設完成後需辦理鋪面厚實度與壓實度檢測，故承包商取 0k+200 處、0k+380 處、0k+690 處各取 3 點進行鑽心取樣，檢測結果如表 1.6-1 所示，平均厚度為 6.8 公分，大於設計值 5 公分，故同意合格驗收，惟取樣點位係採全施作範圍平均取樣，故上述取樣點未涵蓋主橋範圍，且僅針對新鋪面之厚度進行檢測，鑽心檢測報告詳附件 3。

表 1.6-1 鋪設完成後鑽心檢測結果（單位：公分）

鑽心里程	採樣位置 1	採樣位置 2	採樣位置 3
0k+200	5.8	6.2	5.1
0k+380	7.1	8.3	7.6
0k+690	5.4	9.9	5.9

橋梁油漆工程

橋梁塗裝係依據規劃報告建議，於民國 98 年（完工後第 3 年起計之第 9 年）辦理「蘇澳港南方澳大橋油漆工程」，其工作項目需針對外露表面⁶塗裝、未外露表面⁷塗裝及主橋景觀平台欄杆更換為不鏽鋼欄杆，工程金額為 288 萬餘元；民國 99 年辦理「蘇澳港南方澳大橋油漆工程（二期）」，其工作項目為主橋及引道兩側走道之護欄、立柱欄杆、連接觀景台之檢修、焊

⁵ 設計監造單位為誠邦工程顧問有限公司，營造廠商為崧峰營造股份有限公司，施工方式為「半半施工」，以利施工時仍可維持車輛通行。

⁶ 含橋梁之拱架、拱架柱、繫梁、橋面板大梁外露部分、保養工作架。

⁷ 含橋面板大梁內部。

接及維修塗裝，工程金額為 93 萬餘元。

民國 102 年 9 月 26 日宜蘭縣政府函轉交通部公路總局（以下簡稱公路總局）辦理之宜蘭縣內鋼橋及特殊橋梁檢視結果，敘明南方澳大橋漆面塗裝良好，故蘇澳港營運處據此未規劃辦理原 103 年（完工後第 3 年起計之第 14 年）應辦理之油漆工程；原規劃於民國 109 年（完工後第 3 年起計之第 19 年）之油漆工程，因遇橋梁斷裂事故停止辦理。

1.6.2 橋梁檢測

自南方澳大橋建置完成後，於民國 90 年至民國 105 年間，由宜蘭縣政府依據交通部頒布之「公路養護手冊」及相關規範，辦理 7 次南方澳大橋定期檢測作業⁸，檢測承包商依交通部運輸研究所（以下簡稱運研所）建立之「臺灣地區橋梁管理資訊系統」(Taiwan Bridge Management System, TBMS) 內規定項目辦理勘查，並針對橋梁各項設施之劣化程度(D)、劣化範圍(E)、劣化情況對橋梁結構使用性及用路人安全性 (R) 及處置急迫性 (U) 等四項目做評比，劣化狀況之檢測評等準則如表 1.6-2，檢測完成後需將檢測結果登載至 TBMS 內，歷年檢測摘要如表 1.6-3 所示。自民國 105 年 4 月 28 日後，南方澳大橋未再辦理過橋梁檢測作業。

表 1.6-2 橋梁劣化狀況之檢測評等準則

	0	1	2	3	4
D	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損壞
E	無法檢測	0~10%	10~30%	30~60%	60~100%
R	無法判斷	微	小	中	大

⁸ 宜蘭縣政府表示，南方澳大橋自民國 87 年驗收後交予前基隆港務局。宜蘭縣政府自民國 90 年至民國 105 年間因以為該橋管理機關為蘇澳鎮公所，故行政協助鎮公所及配合交通部評鑑規定，將該橋一併辦理 7 次 DERU 目視檢測，宜蘭縣政府與港務局並無代辦檢測或約定。

	0	1	2	3	4
U	無法判定急迫性	例行維護	3 年內	1 年內	緊急處理

表 1.6-3 歷年南方澳大橋 DERU 目視檢測紀錄⁹

檢測日期	檢測單位	檢測辦理依據 ¹⁰	檢測員整體意見	結構形式 ¹¹	檢測表摘要 (僅針對主橋範圍)
民國 90 年 3 月 2 日	萬鼎工程服務股份有限公司	未敘明	此橋為斜張橋與箱型橋合併之。	斜張橋	檢測結果良好，無修繕建議。
民國 96 年 8 月 23 日	亞新工程顧問股份有限公司	交通部頒「公路養護手冊」 (未敘明版本)	整體橋梁所有多處須做維修處理，但是並無立即性之危險性，僅需做例行性維護即可。	斜張橋	建議例行維護時修復項目：人行步道裝修層損壞約 0.5m ² ；欄杆鏽蝕約 280m；橋墩混凝土裂縫 2 處；鋼箱梁底鏽蝕、上構肋拱鋼梁鏽蝕、橋梁鋼箱梁鏽蝕，共約 2,000m ² 。 ¹²
民國 98 年 6 月 16 日	亞新工程顧問股份有限公司	交通部頒「公路養護手冊」	橋梁狀況尚可，據悉橋梁已發包油漆，鋼梁鏽蝕部分應可改	拱橋	建議 1 年內修復項目：景觀台欄杆鏽蝕斷裂 8m 共 4 處；鋼

⁹ 詳細檢測紀錄詳附件 4。

¹⁰ 由契約內或招標文件內所敘明之橋梁檢測依據。

¹¹ 民國 90 年及民國 96 年之結構形式係整座橋梁（含引道），民國 98 年後有將主橋及引道個別分類並填表。

¹² 單位說明：mm 為公厘，m 為公尺，m² 為平方公尺。

檢測日期	檢測單位	檢測辦理依據 ¹⁰	檢測員整體意見	結構形式 ¹¹	檢測表摘要 (僅針對主橋範圍)
	公司	(未敘明版本)	善。		箱梁銹蝕；鋼拱銹蝕。
				拱橋	建議3年內修復項目：梁底維修天車軸承組銹蝕。 建議例行維護時修復項目：人行道鋪面1m ² 損壞共5處；兩側欄杆脫漆130m；右橋柱頂裂縫2處共0.4m；橋墩柱附掛水管漏水。
民國99年11月30日	易鼎工程顧問有限公司	交通部頒「公路養護手冊」 (未敘明版本)	各構件缺失均屬輕微，可在一般管理中維護即可。	拱橋	檢測結果良好，無修繕建議。
民國101年3月4日	四海工程顧問有限公司	交通部頒「公路養護手冊」 (未敘明版本)	此橋有多處缺失，大部分範圍小且輕微損壞，尚不影響橋梁結構穩定，唯須注意遠端擋土設施因地形關係，出現大範圍混凝土破損情況，建議可協同相關治理單位討論改善修護方法。本次無法檢測與無此項為5.12.13.16.19.21。	拱橋	建議例行維護時修復項目：摩擦層AC破損(0.5m*0.1m*0.02m)；兩側人行道破損(150m*1m*0.1m)共2處；兩側緣石保護層不足，鋼筋外露銹蝕(150m*0.1m*0.01m)共2處；路燈燈泡遺失4處。

檢測日期	檢測單位	檢測辦理依據 ¹⁰	檢測員整體意見	結構形式 ¹¹	檢測表摘要 (僅針對主橋範圍)
民國 103 年 8 月 3 日	健行學校財團法人健行科技大學	交通部頒「公路養護手冊」 (未敘明版本)	A1 ¹³ 引道路堤右側龜裂、A1 橋台蜂窩、P1 橋墩鋼筋裸露、S02G01 右側鋼筋裸露、P2 保護層不足鋼筋裸露、P3 頂板鋼筋外露、P6 橋墩墩柱蜂窩、P6 帽梁鋼筋裸露、P6 橋墩墩柱鋼筋裸露、支承墊下方混凝土塊破損、S07 左側人行道 AC 龜裂、P8 橋墩鋼筋裸露混凝土龜裂、橋尾引道左側植物植生，應予以維修以策用路人安全。	拱橋	建議 3 年內修復項目：緣石及人行道左側鋪面龜裂。
民國 105 年 4 月 28 日	健行學校財團法人健行科技大學	*評選須知：交通部頒「公路養護手冊」 (未敘明版本) *契約第二條附件二：鋼橋檢測依交通部頒	1.排水孔多處阻塞，建議先行清理。 2.護欄與路燈銹蝕多處，建議除銹後重新上漆。 3.P6 與 P7 樓梯底部多處破損鋼筋外露銹蝕，建議先行修復。 A1、P3 與 A2 伸縮縫皆為老式壓縮式填縫，已有明顯變形損	拱橋	建議 3 年內修復項目：人行道鋪面裂紋 (3m*1m) 共 2 處；人行道路燈柱銹蝕 4 處；6 號橋墩帽梁底混凝土剝落鋼筋外露銹蝕 (0.5m*0.2m) 共 5 處；6 號橋墩柱混凝土破損鋼筋外露銹蝕 (1m*0.6m) 共 1 處；6 號橋墩樓梯底混凝土剝

¹³ 為標示橋梁各部位及位置之代號，A 為橋台、P 為橋墩、S 為橋孔，數字代表其位置，南方澳大橋之橋墩編號為 P6 至 P7。

檢測日期	檢測單位	檢測辦理依據 ¹⁰	檢測員整體意見	結構形式 ¹¹	檢測表摘要 (僅針對主橋範圍)
		「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」辦理	壞與沉陷，行車經過時感覺高低落差造成不適感，建議更新耐用度較佳之伸縮縫。		<p>落鋼筋外露銹蝕 (0.5m*0.4m) 共 5 處；6 號橋墩柱混凝土蜂窩 (0.4m*0.4m) 1 處；6 號橋墩混凝土支承墊裂縫 (0.4mm*0.5m) 1 處；鋼樑銹蝕 10m；7 號橋墩樓梯底混凝土剝落鋼筋外露銹蝕 (0.4m*0.3m) 1 處；7 號橋墩樓梯底混凝土破損鋼筋外露銹蝕 (0.4m*0.4m) 共 5 處。</p> <p>建議例行維護時修復項目：7 號橋墩混凝土剝落鋼筋外露銹蝕 (0.5m*0.2m)、白華裂縫 (0.5m*0.5m)。</p>

1.6.3 橋梁監測

於南方澳大橋興建前，臺灣省議會考量橋梁處地震帶恐影響橋梁結構安全，建議宜蘭縣政府將安全監測系統納入興建工程，民國 87 年 4 月 22 日宜蘭縣政府委託國立中央大學辦理地震安全監測系統之規劃，民國 88 年 10 月 20 日宜蘭縣政府函送竣工報告書及移交清冊予前蘇澳港分局，系統內含 4 組三軸強震儀、5 組單軸強震儀、2 組風速風向計、9 組應變放大計及 2 組熱電耦，安裝位置詳圖 1.6-1、圖 1.6-2；主要監測結構物震動、結構物應變、環境震動、環境風速風向及溫度，以量測橋梁結構反應及周圍環境資料。此系統於橋梁進出口及橋墩扶梯口設置 6 組強風預警燈，當風速超過預警值，則會啟動燈號給予警示。

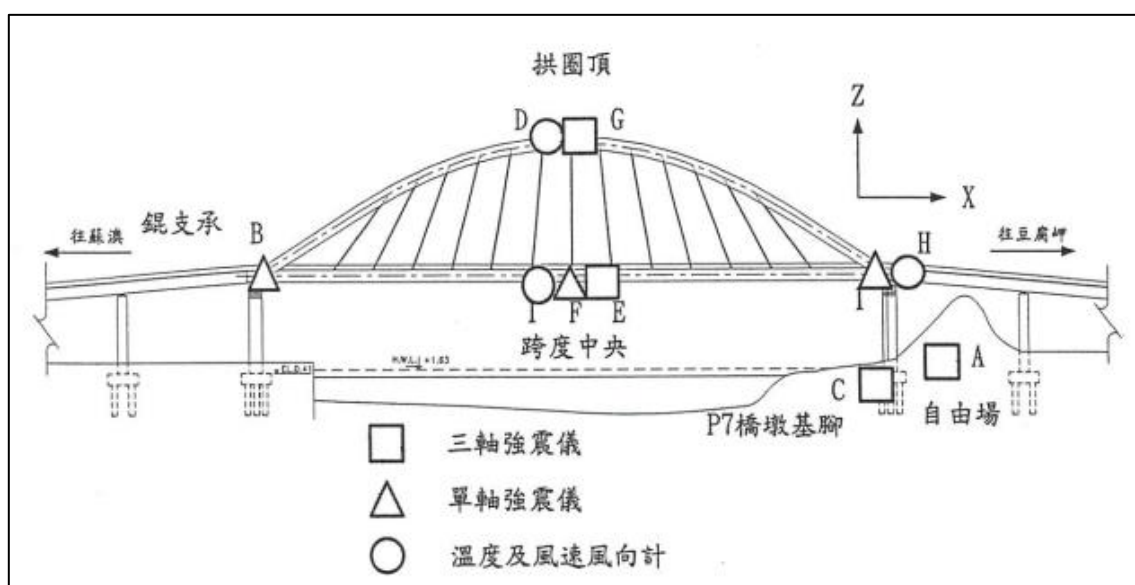


圖 1.6-1 監測系統儀器佈設圖 (一)

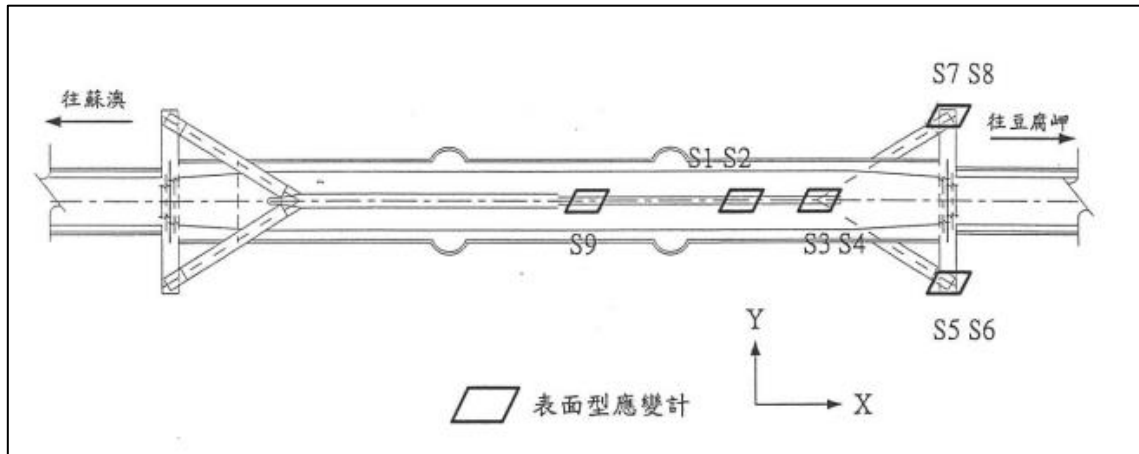


圖 1.6-2 監測系統儀器佈設圖 (二)

民國 88 年底因碼頭施工作業將監測系統之電纜線挖斷，致無法正常接收監測訊號，故宜蘭縣政府於民國 90 年 1 月 10 日召開「南方澳大橋安全監測系統設施檢討工作報告會議」，決議辦理修復工作。

該系統使用年限為 5 年，依據蘇澳港營運處提供之資料，宜蘭縣政府後續並無繼續辦理地震監測及回報監測資料。該系統於民國 101 年 9 月辦理報廢。

1.6.4 橋梁使用

南方澳大橋自民國 87 年開放通車後，除提供一般民眾通行外，也開放蘇澳港堤防等設施工程進行載運，依蘇澳港營運處及宜蘭縣政府所提供之歷年工程合約資料及訪談紀錄，蘇澳港營運處於民國 105 年 10 月至民國 108 年 9 月共辦理 4 次堤防消波塊運輸工程，另宜蘭縣政府為安置公共工程產出之廢棄土方，於民國 107 年 9 月至民國 108 年 1 月進行土方載運，相關載運時程與數量說明如後。

1.6.4.1 消波塊載運工程

依據港務公司提供資料及訪談紀錄，蘇澳港區自民國 99 年起共辦理 5 次蘇澳港堤防等相關改善整修工程，其中民國 99 年堤防整修工程之消波塊於港區內製作，未經過南方澳大橋，其餘工程計有 10 公噸、20 公噸及 40

公噸共 3 種雙 T 型消波塊運送經過南方澳大橋，為瞭解載運過程是否超過橋梁設計載重，相關載運路線、時程及數量統計說明如下：

民國 105 年蘇澳港堤防及公共道路鋪面等改善整修工程

工程施工日期為民國 105 年 6 月 17 日至 10 月 16 日止，製作消波塊預鑄場位於港區外之移山路旁工地，載運經南方澳大橋至豆腐岬遊憩區停車場旁拋放，路程約為 1.5 公里，載運路線如圖 1.6-3。



圖 1.6-3 蘇澳港堤防及公共道路鋪面等改善整修工程載運路線

載運期間為民國 105 年 10 月 12、13 及 15 日，總計運送 200 塊 10 公噸雙 T 消波塊，如表 1.6-4，載運車種為前單軸後雙軸曳引車連結後雙軸半拖車，最大總聯結重量 40 公噸，如圖 1.6-4。

表 1.6-4 蘇澳港堤防及公共道路鋪面等改善整修工程載運統計表

日期	吊掛 10 公噸雙 T 消波塊數量(塊)
民國 105 年 10 月 12 日	59
民國 105 年 10 月 13 日	69

日期	吊掛 10 公噸雙 T 消波塊數量(塊)
民國 105 年 10 月 15 日	72
總計	200
備註:依據施工照片顯示每台板車最大載運 3 塊 10 公噸消波塊	



圖 1.6-4 蘇澳港堤防及公共道路鋪面等改善整修工程載運消波塊車輛

民國 106 年蘇澳港豆腐岬潛堤及設施工程

工程施工日期為民國 106 年 4 月 20 日至 10 月 25 日止，製作消波塊預鑄場位於港區外之移山路旁工地，載運經南方澳大橋至蘇澳港豆腐岬北堤拋放，路程約為 1.5 公里，載運路線如圖 1.6-5。



圖 1.6-5 蘇澳港豆腐岬潛堤及設施工程載運路線

載運期間為民國 106 年 8 月 2、3、4、7 日及 10 月 3 日，總計運送 464 塊 10 公噸雙 T 消波塊，如表 1.6-5，載運車種為前單軸後單軸曳引車連結後雙軸半拖車，最大總聯結重量 35 公噸，如圖 1.6-6。

表 1.6-5 蘇澳港豆腐岬潛堤及設施工程載運統計表

日期	吊掛 10 公噸雙 T 消波塊數量(塊)
民國 106 年 8 月 2 日	96
民國 106 年 8 月 3 日	128
民國 106 年 8 月 4 日	86
民國 106 年 8 月 7 日	72
民國 106 年 10 月 3 日	82
總計	464
備註:依據施工照片顯示每台板車載運 2 塊 10 公噸消波塊	

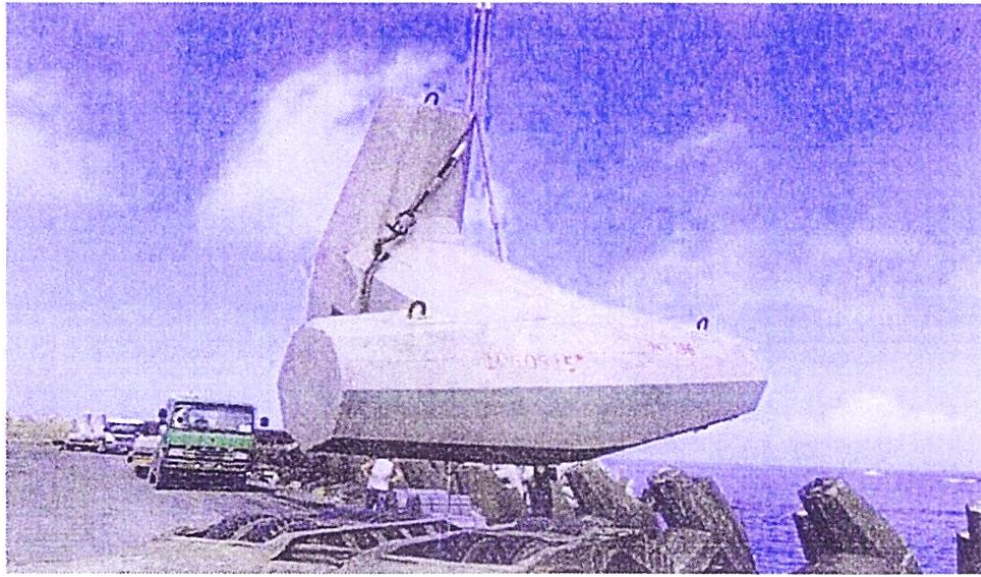


圖 1.6-6 蘇澳港豆腐岬潛堤及設施工程載運消波塊車輛

民國 106 年蘇澳港外廓防波堤災損修復工程（含漁港外堤）

工程施工日期為民國 106 年 7 月 9 日至民國 108 年 1 月 23 日止，製作消波塊預鑄場位於港區外之移山路旁工地，載運經南方澳大橋至南外廓防波堤拋放，路程約為 2 公里，載運路線如圖 1.6-7。



圖 1.6-7 蘇澳港外廓防波堤災損修復工程載運路線

載運期間為民國 106 年 11 月至民國 107 年 11 月，總計運送 345 塊 40 公噸雙 T 消波塊，如表 1.6-6，載運車種為前單軸後單軸曳引車連結後雙軸半拖車，最大總聯結重量 35 公噸，如圖 1.6-8。

表 1.6-6 蘇澳港外廓防波堤災損修復工程載運統計表

日期	吊掛 40 公噸雙 T 消波塊數量(塊)
民國 106 年 11 月 10 日	29
民國 106 年 11 月 11 日	33
民國 107 年 04 月 10 日	35
民國 107 年 04 月 11 日	26
民國 107 年 04 月 20 日	5
民國 107 年 04 月 30 日	1
民國 107 年 08 月 31 日	25
民國 107 年 09 月 11 日	35
民國 107 年 10 月 01 日	39
民國 107 年 10 月 02 日	41
民國 107 年 10 月 08 日	25
民國 107 年 10 月 18 日	20
民國 107 年 11 月 05 日	31
總計	345
備註:依據施工照片顯示每台板車載運 1 塊 40 公噸消波塊	



圖 1.6-8 蘇澳港外廓防波堤災損修復工程載運消波塊車輛

民國 108 年蘇澳港填方區封堵、海堤修復及公務船渠浚挖工程

工程施工日程為民國 108 年 1 月 10 日至民國 109 年 1 月 18 日（預定完工日期）止，製作消波塊預鑄場位於港區外之移山路旁工地，載運經南方澳大橋至第四港渠填方區拋放，路程約為 2 公里，載運路線如圖 1.6-9。



圖 1.6-9 蘇澳港填方區封堵、海堤修復工程載運路線

載運期間為民國 108 年 6 月至 9 月，總計運送 1,003 塊 20 公噸及 721 塊 10 公噸雙 T 消波塊，如表 1.6-7，載運車種為前單軸後單軸曳引車連結後雙軸半拖車，最大總聯結重量 35 公噸，如圖 1.6-7。

表 1.6-7 蘇澳港填方區封堵、海堤修復工程載運統計

日期	吊掛 20 公噸 雙 T 消波塊數量(塊)	吊掛 10 公噸 雙 T 消波塊數量(塊)
民國 108 年 6 月	275	0
民國 108 年 7 月	484	270
民國 108 年 8 月	180	146
民國 108 年 9 月	64	305
總計	1,003	721

備註:依據施工照片顯示板車載運為 10 公噸消波塊單趟載 2 塊；20 公噸消波塊單趟載 1 塊



圖 1.6-10 蘇澳港填方區封堵、海堤修復工程載運消波塊車輛

1.6.4.2 土方載運工程

依據宜蘭縣政府公共工程剩餘土石方運置於蘇澳港第四港渠回填區執行計畫書，民國 107 年 5 月宜蘭縣政府為辦理河道疏濬、道路工程、建築工程、都市計畫開發及前瞻基礎建設計畫各項公共工程，所產出之廢棄土方囿於縣內土石方資源堆置處理場已趨於飽和，仍有無法去化之 4 萬立方土方，尚無適切之收容處理場所，適經瞭解蘇澳港營運處刻正辦理填海造

地增建第四港渠工程¹⁴，位置如圖 1.6-11，期藉由解決宜蘭縣政府公共工程剩餘土方去化問題，讓相關公共工程順利推動外，又能加速第四港渠工程進度，惟載運車輛需經南方澳大橋至第四港渠暫置剩餘土方，相關運送時間及載重統計如後。



圖 1.6-11 蘇澳港第四港渠位置圖

¹⁴ 蘇澳港第四港渠設置目的，為收受蘇澳港每年因港池、航道疏浚土方，原依土方排填進度規劃，第四港渠填方區將於民國 113 年收受疏浚土方完畢。

表 1.6-8 總載運土方重量統計表

時間	車輛類型 ¹⁶	載運太空包 (包)	載運土方體積 (立方公尺)
民國 107 年 9 月	35 公噸	480	
民國 107 年 10 月	21 公噸		1,634
	35 公噸	2,900	3,284
民國 107 年 11 月	21 公噸		1,840
	35 公噸		14,349
民國 107 年 12 月	35 公噸		4,146
民國 108 年 1 月	35 公噸		4,254
總計		3,380	29,507
備註:車輛類型分為 21 公噸及 35 公噸			

1.6.4.3 消波塊及土方總載運統計

經調查小組彙整蘇澳港營運處載運消波塊數量及宜蘭縣政府載運餘土方之相關資料後，相關運送時間時程如表 1.6-9。

¹⁶ 21 公噸及 35 公噸砂石車專用車依據「裝載砂石土方車輛使用專用車輛或專用車廂規定」及依據道路交通安全規則第 39 條第 20 款或第 39 條之 1 第 16 款，貨廂容積應合於下列規定：已登檢合格之砂石標示車，21 公噸（前單軸後雙軸式）傾卸式大貨車，貨廂容積以 7 立方公尺為上限；35 公噸（後雙軸式）傾卸式半拖車，貨廂容積以 14.7 立方公尺為上限。

表 1.6-9 經過南方澳大橋工程總載運時程表

	105年	106年			107年						108年					總計
	10	8	10	11	4	8	9	10	11	12	1	6	7	8	9	
1.(105)堤防及公共道路鋪面改善工程 載運消波塊10T_200塊	200															200
2.(106)豆腐岬潛堤及設施工程 載運消波塊10T_464塊		382	82													464
3.(106)外廓防波堤災損修復工程 載運消波塊40T_345塊				62	67	25	35	125	31							345
4.(108)海堤修復工程 載運消波塊10T_721塊													270	146	305	721
4.(108)海堤修復工程 載運消波塊20T_1003塊												275	484	180	64	1,003
1.(107)工程廢棄土方 載運填充太空包(3,380包)							480	2,900								3,380
工程剩餘土方 載運(29507m ³)								4,918	16,189	4,146	4,254					29,507

1.7 天氣及地震資料

1.7.1 天氣概述

事故當日 0830 時，交通部中央氣象局發布海上颱風警報，中度颱風米塔 0800 時之中心位置位於北緯 27.4 度，東經 122.3 度，即在基隆北北東約 260 公里海面上，持續向北移動。受到颱風及其外圍環流影響，全臺沿海地區易有較強陣風及較大風浪。地面天氣圖及颱風路徑潛勢預報圖如圖 1.7-1 及圖 1.7-2 所示。

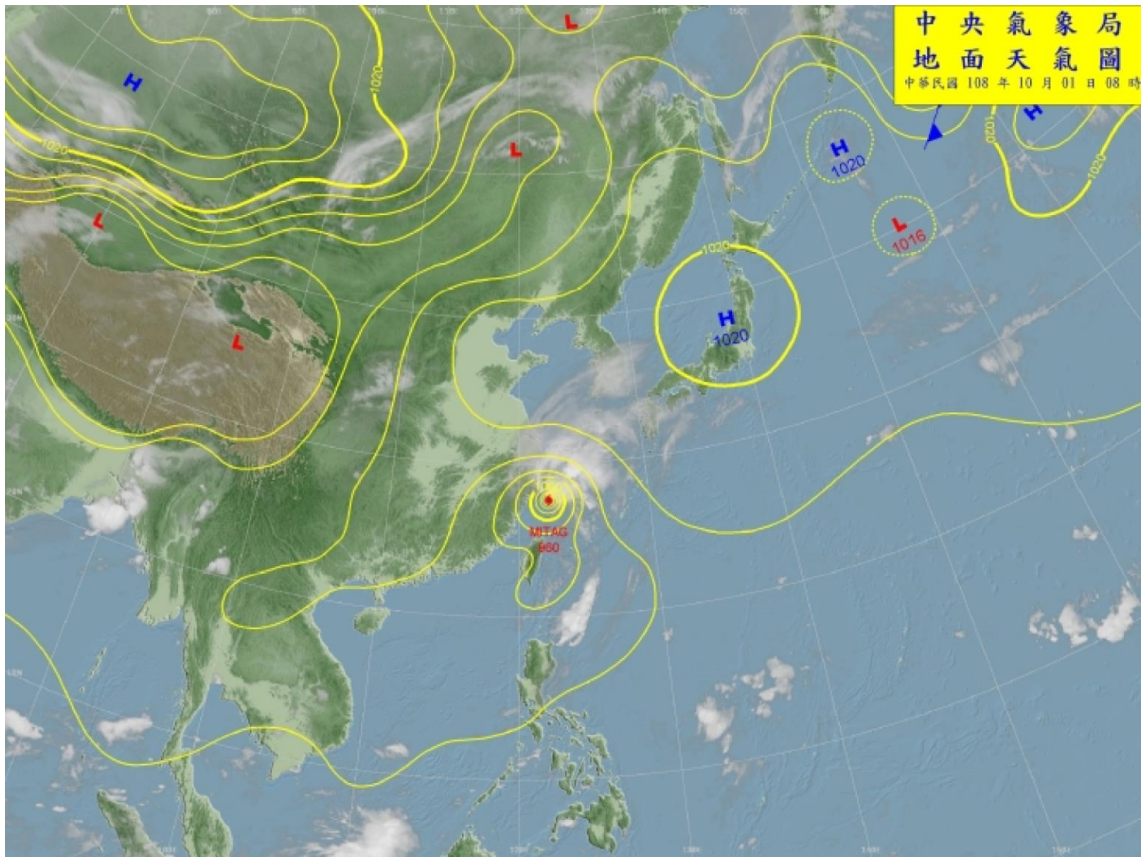


圖 1.7-1 0800 時中央氣象局地面天氣圖

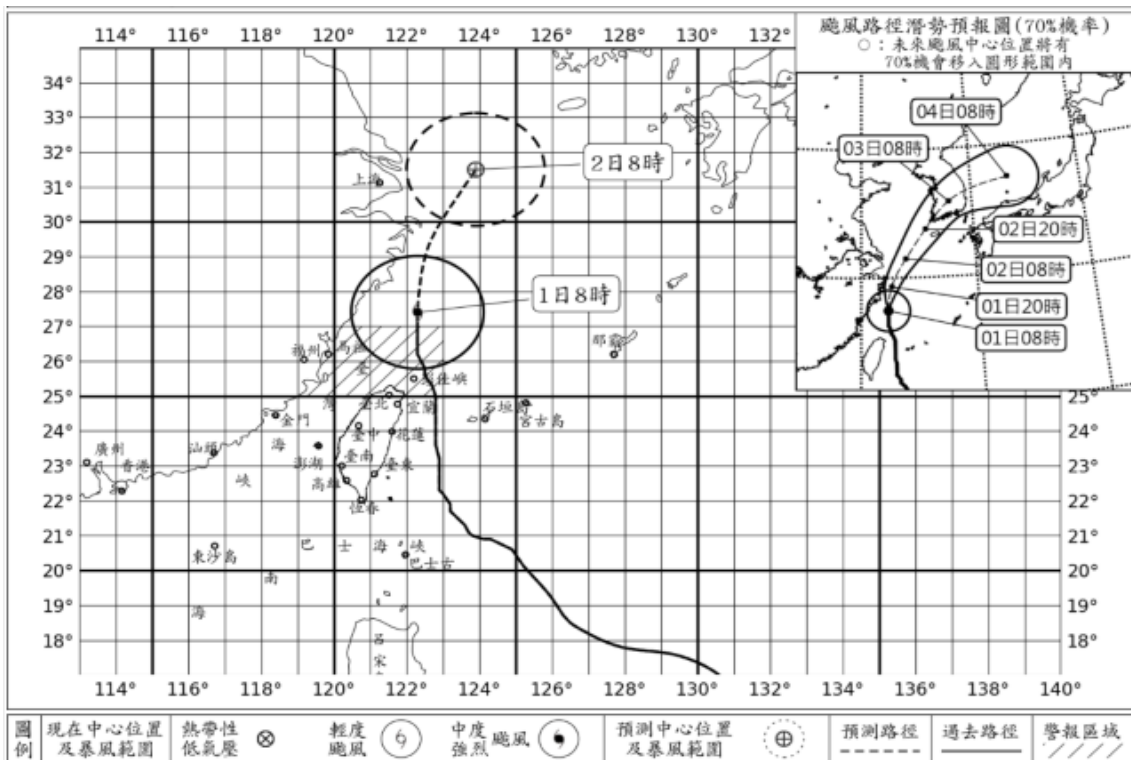


圖 1.7-2 0800 時中央氣象局颱風路徑潛勢預報圖

1.7.2 地面觀測資料

中央氣象局蘇澳氣象站位於南方澳大橋西北方約 2 公里處（與基隆港務分公司蘇澳港營運處行政大樓同址辦公），為距離事故地點最近之氣象觀測站，事故當時蘇澳氣象站觀測紀錄如下：

0900 時，氣溫攝氏 28.8 度，過去 1 小時內瞬間最大風速 10.7 公尺/秒，過去 1 小時內瞬間最大風向 340 度，時雨量 0 公釐。

1000 時，氣溫攝氏 30.7 度，過去 1 小時內瞬間最大風速 10.1 公尺/秒，過去 1 小時內瞬間最大風向 320 度，時雨量 0 公釐。

另依據蘇澳氣象站逐分風力資料，事故當日及前 2 日之風向風速資料如圖 1.7-3 及圖 1.7-4。

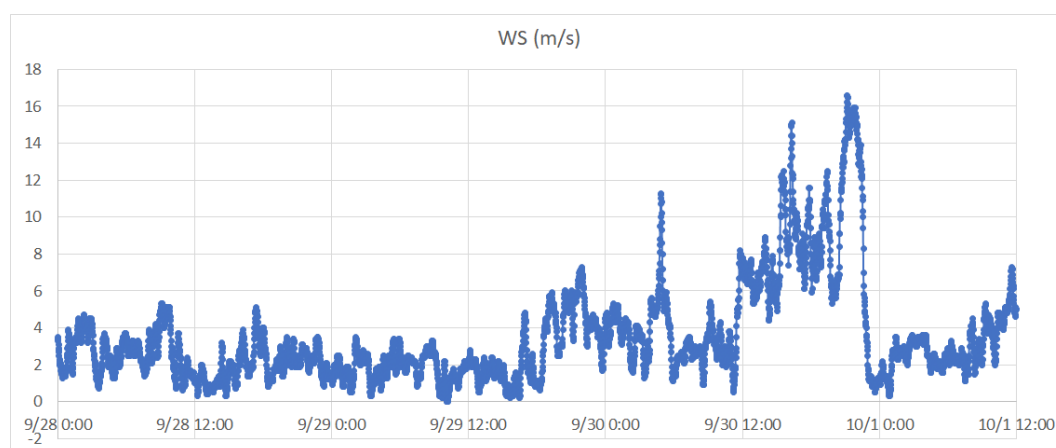


圖 1.7-3 9 月 28 日 0 時至 10 月 1 日 12 時風速資料

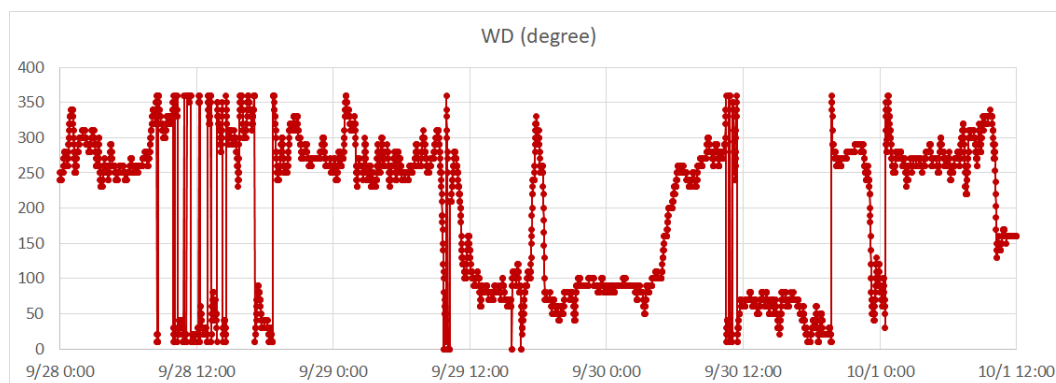


圖 1.7-4 9 月 28 日 0 時至 10 月 1 日 12 時風向資料

1.7.3 地震資料

中央氣象局地震觀測網即時地震資料顯示，民國 108 年 9 月 28 日至 10 月 1 日期間，共發生 1 起小區域有感地震，地震時間為 10 月 1 日 0154 時，震央位於花蓮縣政府北偏東方 38.4 公里處，深度 13.9 公里，芮氏規模 3.8，蘇澳氣象站測得之震度為 1。中央氣象局地震報告如圖 1.7-5 所示。

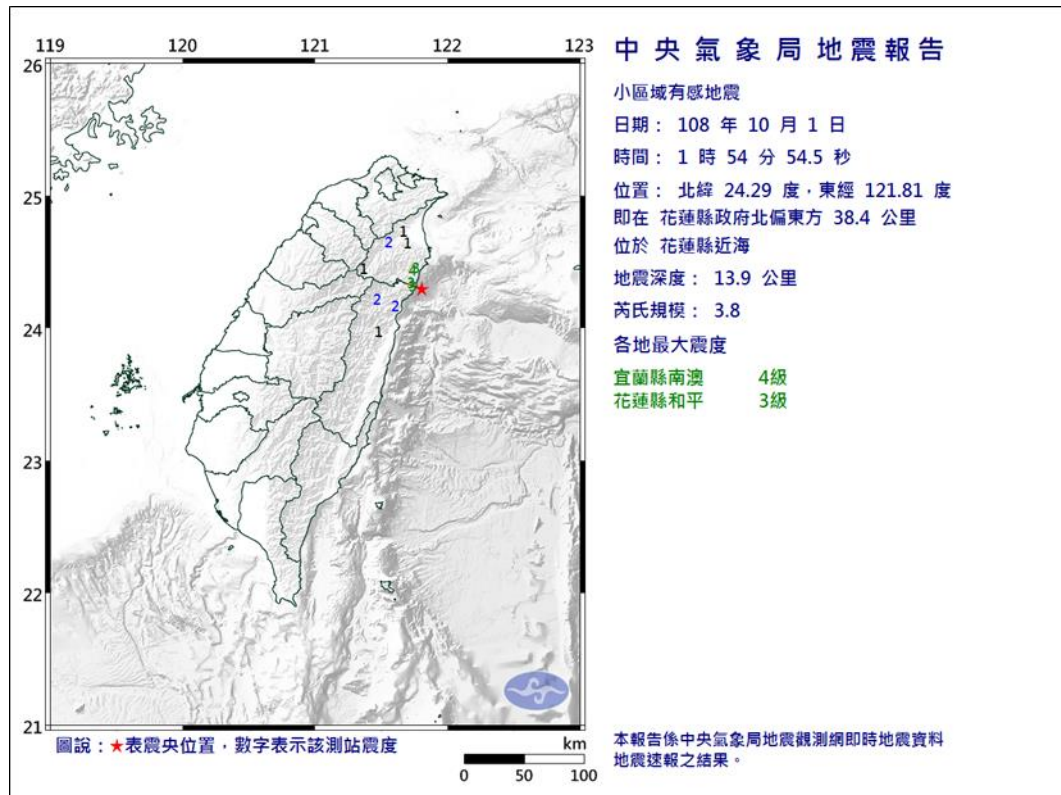


圖 1.7-5 中央氣象局地震報告

1.8 紀錄器

1.8.1 車載紀錄器資料

事故當時行經南方澳大橋之中油油罐車，其車載紀錄器因燃燒而毀損，無任何資料。

1.8.2 影像資料

調查小組自海巡署取得橋梁斷裂崩塌事故影片，監視錄影機位置關係

詳圖 1.8-1。該影片之解析度為 960 像素×540 像素，錄影格式為每秒 29.97 幅畫面，亦即每幅畫面間隔 0.033 秒。

調查小組針對 17.1 秒事故影片進行影像分析¹⁷，影片時間自 0929:58.77 時至 0930:15.83 時，共有 513 幅影像。0929:58.77 時油罐車行駛至 4 號下端錨附近時，主橋無異常現象。0930:02.77 時油罐車行駛至 11 號下端錨附近時，主橋仍無異狀，詳圖 1.8-2。0930:02.80 時，橋體及主橋拱圈出現異常震動，之後橋體開始稍微向下沈，詳圖 1.8-3。0930:03.03 時，8 號吊索套管上端（與 8 號上端錨相接處）開始向下墜落，詳圖 1.8-4。0930:03.27 時，5 號吊索套管上端開始向下墜落，詳圖 1.8-5，而 2 號、3 號、4 號、7 號吊索套管亦陸續向下墜落，西側橋體先滑落橋墩，之後東側橋體亦滑落橋墩。0930:05.13 時，向下墜落之橋體碰觸海面，詳圖 1.8-6。0930:09.97 時主橋拱圈停止上下晃動。

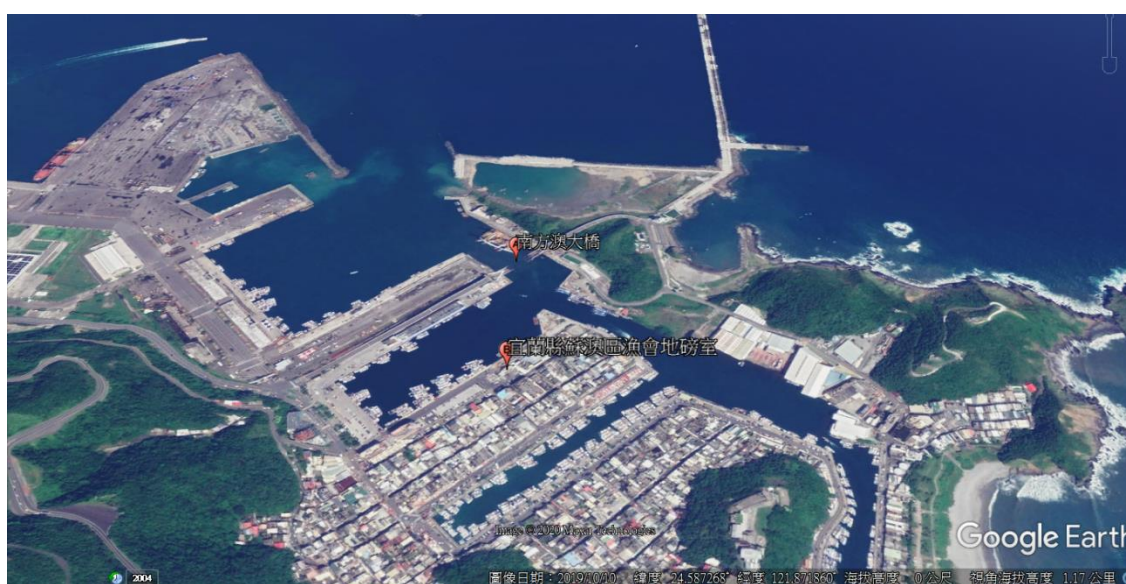


圖 1.8-1 監視錄影設備與南方澳大橋位置關係

¹⁷ 本會使用動態影像分析軟體，橋墩周遭參考物之位置精度 10 公分。

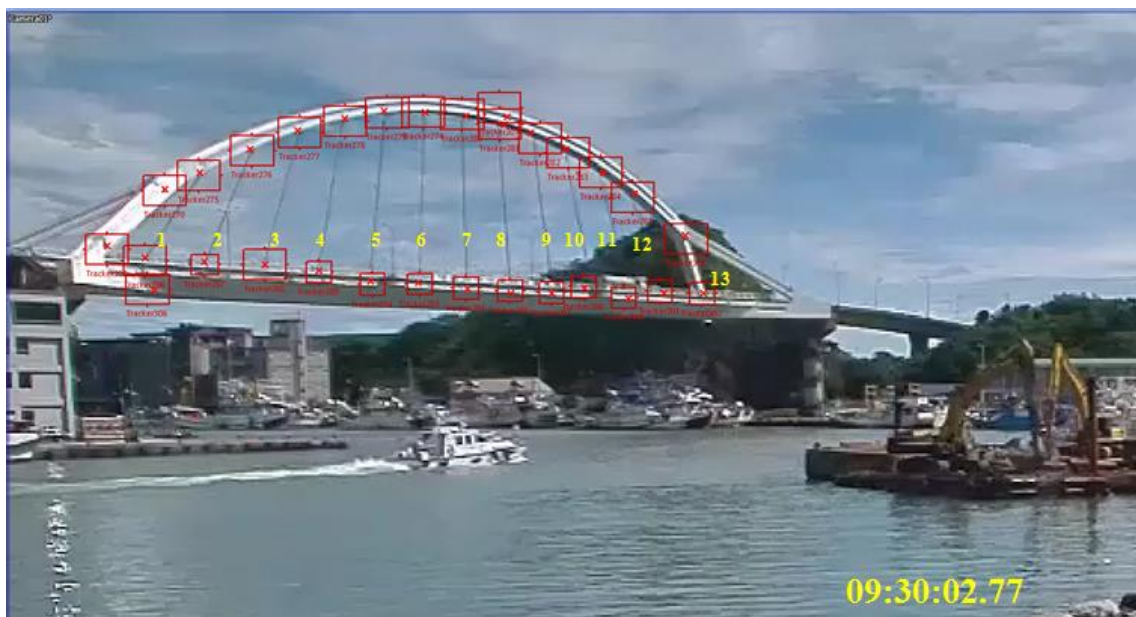


圖 1.8-2 0930:02.77 時監視錄影畫面

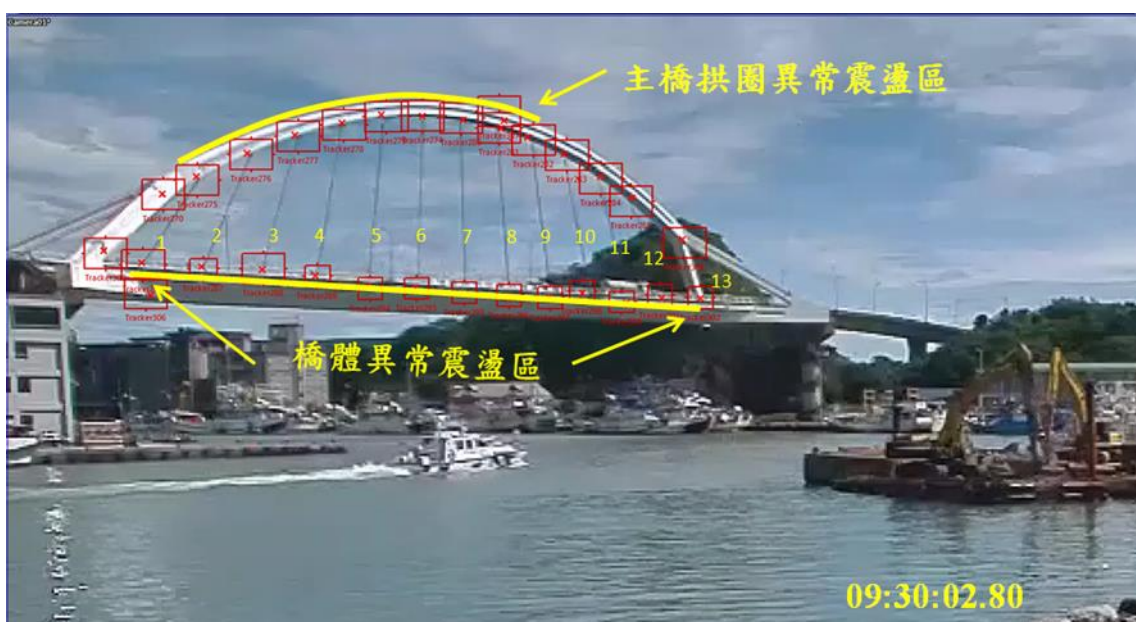


圖 1.8-3 0930:02.80 時監視錄影畫面



圖 1.8-4 0930:03.03 時監視錄影畫面



圖 1.8-5 0930:03.27 時監視錄影畫面



圖 1.8-6 0930:05.13 時監視錄影畫面

1.9 現場量測資料

1.9.1 事故現場空中及地面測繪資料

事故現場位於宜蘭縣蘇澳鎮東南方約 2 公里處之南方澳漁港入口處，現場地理位置及主橋崩塌情形如圖 1.9-1 所示。事故發生後，本會先遣小組立刻趕赴現場，利用遙控無人機採集空中測繪資料，並利用高精度衛星定位儀測量特徵控制點後，以傾斜測量技術建立事故區 2 公分解析度正射影像及三維點雲資料，如圖 1.9-2、圖 1.9-3 及圖 1.9-4 所示，其中崩塌之主橋東西向跨距約 140 公尺，橋面寬度 15 公尺，未崩塌之東西兩側橋面離地面高度約 20 公尺，東西兩側橋墩之結構損傷情形如圖 1.9-5 及圖 1.9-6 所示。

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心（以下簡稱國震中心）亦派遣測繪團隊前往現場進行三維掃描作業，於事故現場東西兩岸架設 92 個測站，以長距離光學雷達（light detection and ranging, LiDAR）掃描儀對事故主橋結構進行掃描作業，計 3 天完成作業。國震中心提供掃描成果，包括各測站點雲資料及部份測站日間作業時攝得之環景相片，經拼接後處理之事故現場三維點雲成果如圖 1.9-7，主拱吊索殘存情形與無人機空拍影

像比對詳圖 1.9-8 及圖 1.9-9。經比對後，主橋拱圈向南傾倒約 8 度，如圖 1.9-10。



圖 1.9-1 事故現場位置示意圖

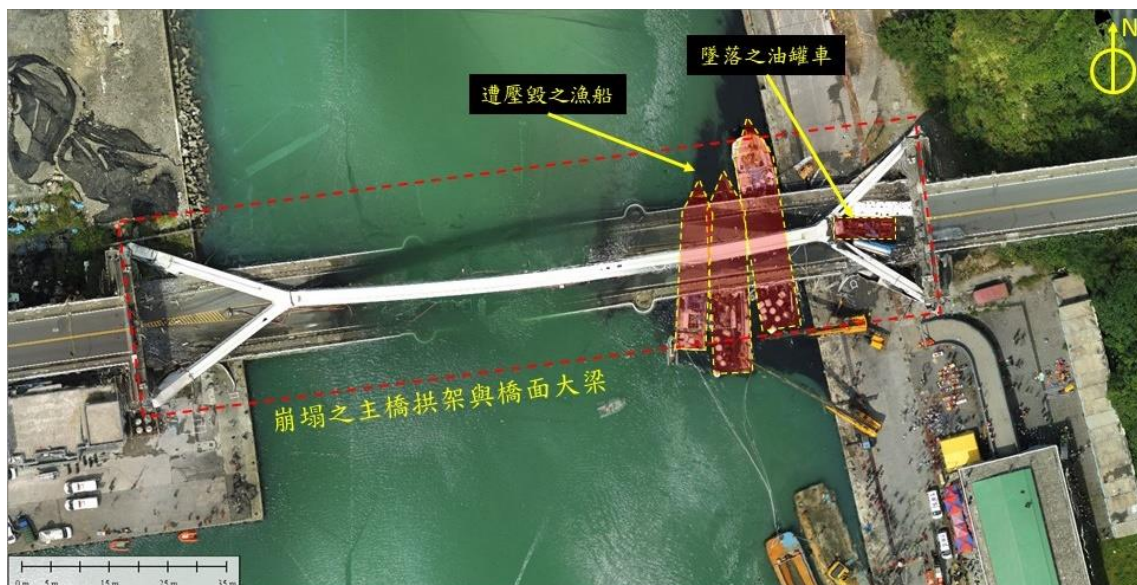


圖 1.9-2 無人機測繪正射影像圖



圖 1.9-3 無人機測繪正射影像圖（東岸搜救作業區）

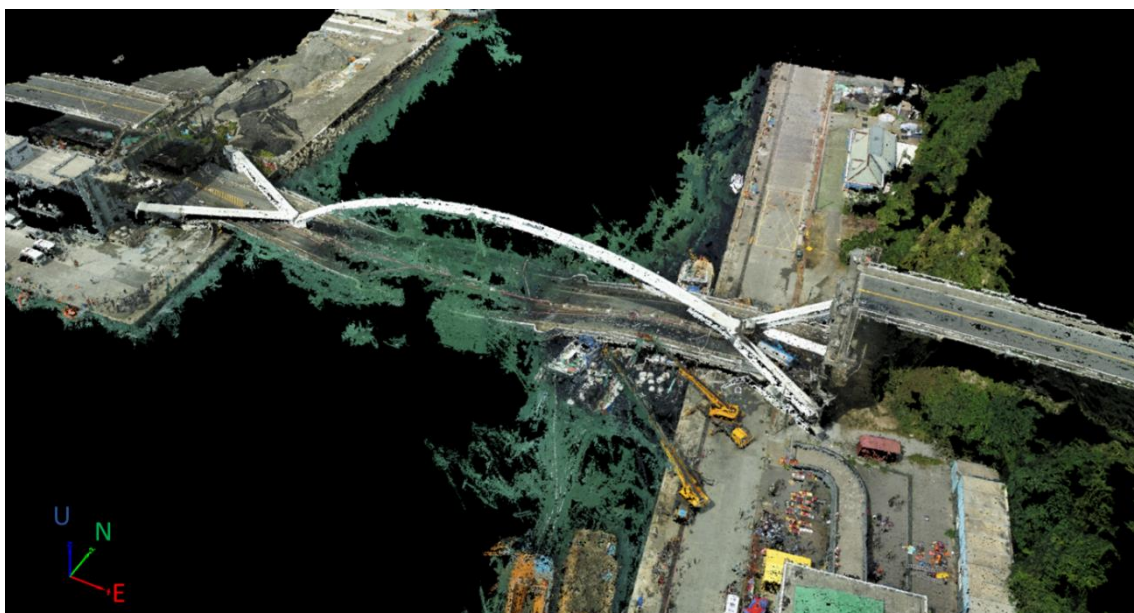


圖 1.9-4 無人機測繪三維點雲資料



圖 1.9-5 事故後東側橋墩結構損傷情形



圖 1.9-6 事故後西側橋墩結構損傷情形

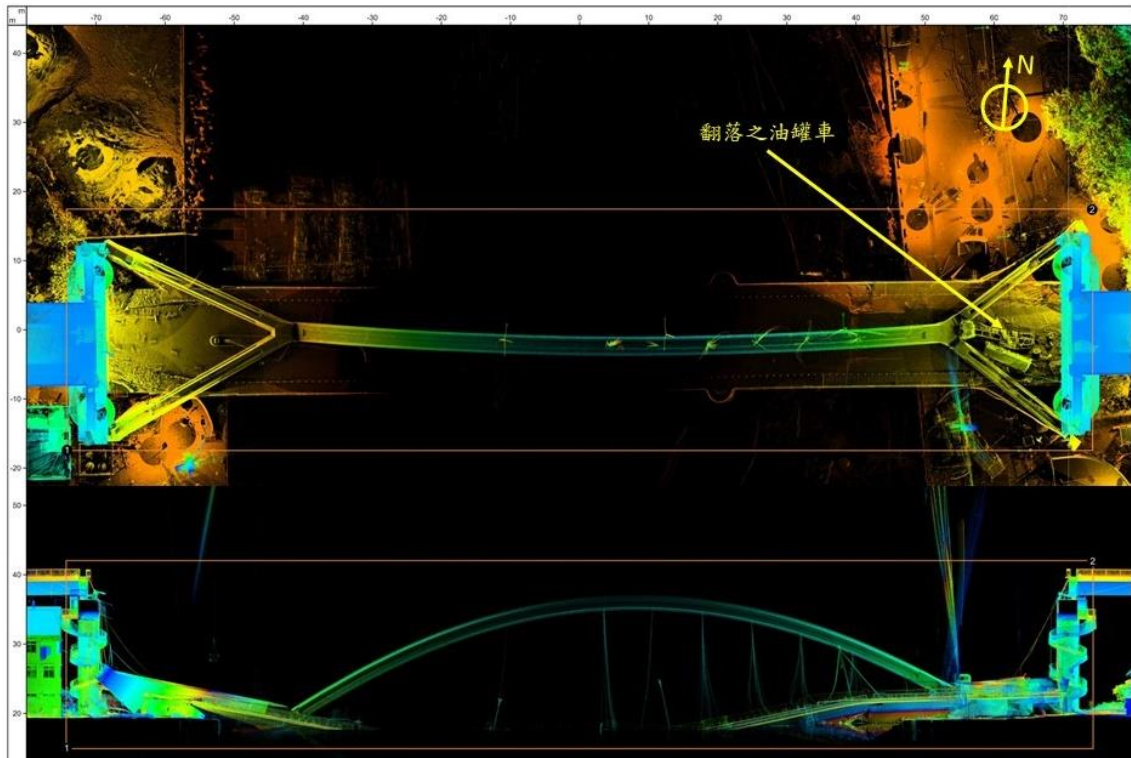


圖 1.9-7 國震中心 LiDAR 三維點雲成果

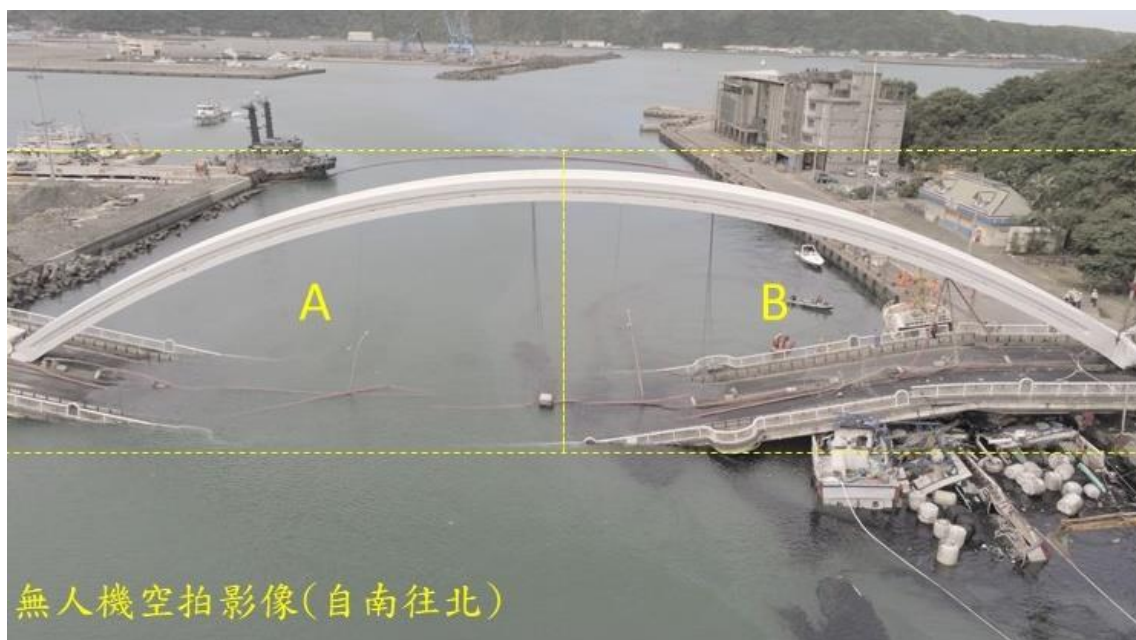


圖 1.9-8 殘存之主橋吊索

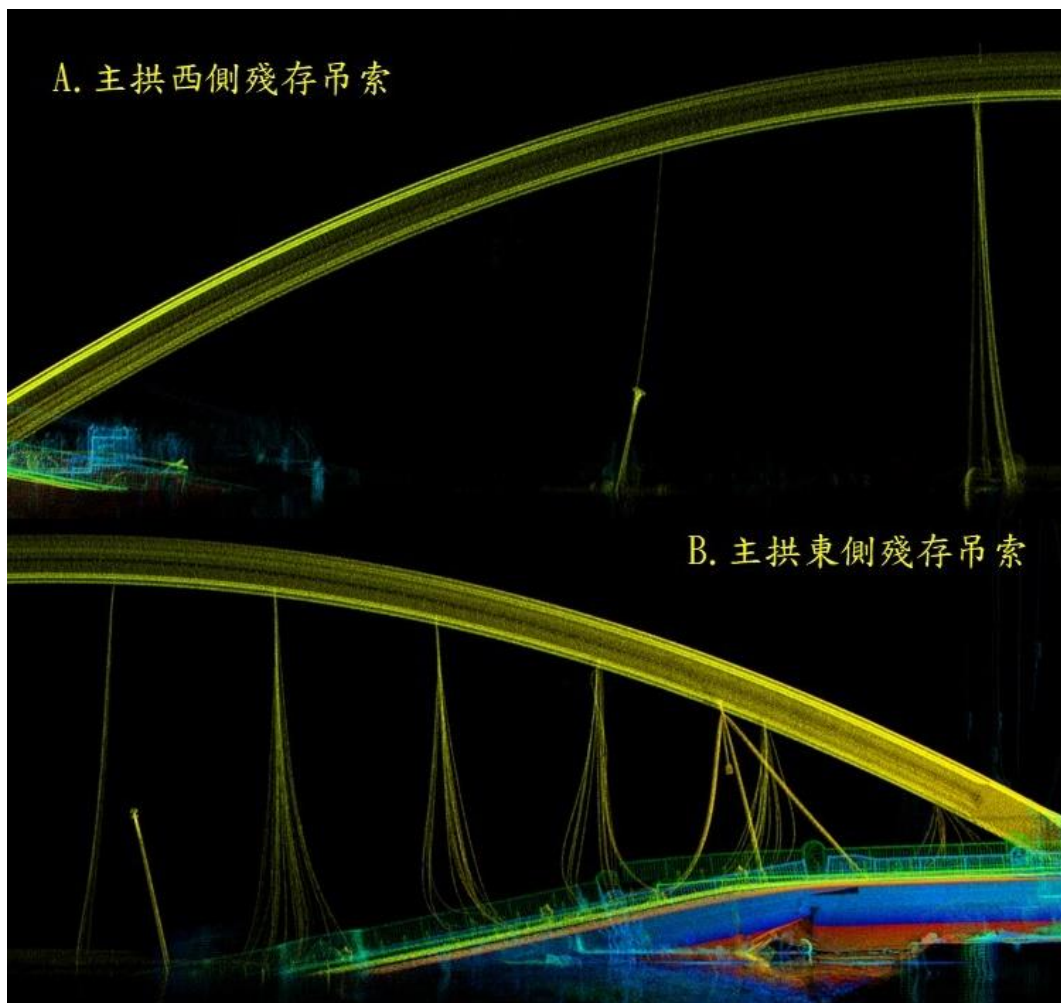


圖 1.9-9 殘存主拱吊索之 LiDAR 三維點雲

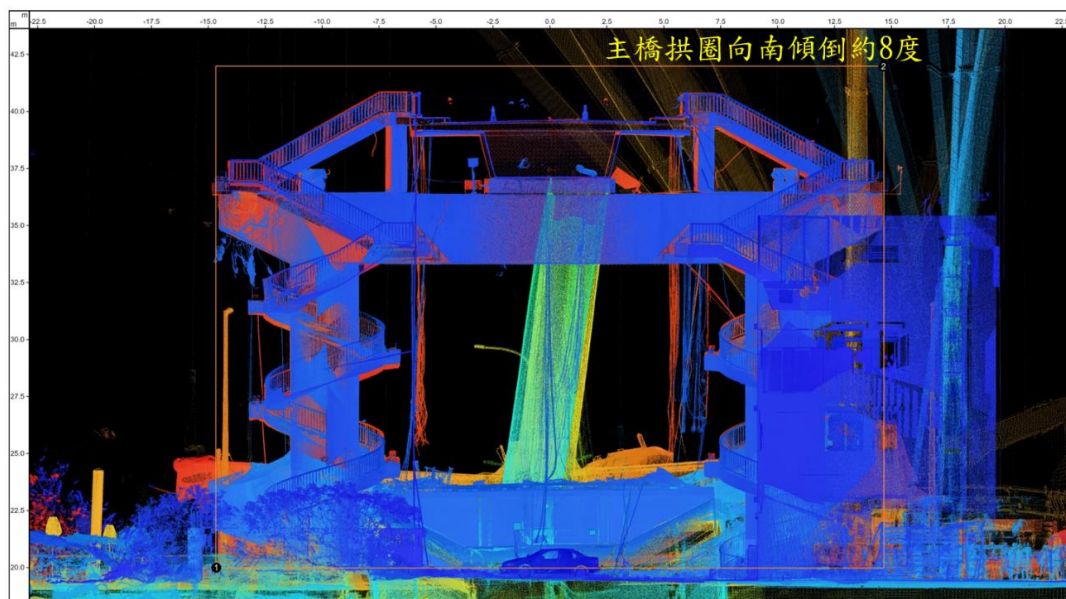


圖 1.9-10 主橋拱圈傾倒情形

1.10 橋梁損害紀錄

本事故發生後，由臺灣宜蘭地方檢察署（以下簡稱宜蘭地檢署）執行司法調查、公路總局執行行政調查及運安會執行安全調查，上述 3 方於事故調查初期共同進行關鍵證物的保存及檢測事宜，並於後續各依職權執行調查。本節就主橋端錨、主橋吊索系統、橋面大梁等關鍵證物進行勘查及記錄如下。

1.10.1 主橋端錨損害資料

檢視事故橋梁之端錨系統，其拱架端錨（以下簡稱上端錨）採用固定式端錨（fixed anchorage），主要由帽蓋（cap）、錨頭（anchor head）、楔形夾片（wedge，以下簡稱夾片），以及彈簧及其擋板之保險裝置組成，詳圖 1.10-1（左）；橋面端錨（以下簡稱下端錨）採用活動式端錨（adjustable anchorage），主要由帽蓋、錨頭、夾片、承壓環（ring nut）、螺紋調整管（threaded tube），以及彈簧及其擋板之保險裝置組成，詳圖 1.10-1（右）。另外，於上下端錨拆解時，發現有數具端錨承壓端墊有與擋板相同規格之墊片配置，詳圖 1.10-2。



圖 1.10-1 事故橋梁之上下端錨構造圖



圖 1.10-2 部分錨頭承壓端墊有墊片

檢視後發現上端錨及下端錨使用相同規格之錨頭，其中第 1 及第 13 號端錨配置 17 束鋼絞線，搭配 19 開孔錨頭，2 至 12 號端錨各配置 13 束鋼絞線，搭配 14 開孔錨頭，詳圖 1.10-3。錨頭與鋼絞線之間主要透過夾片箝固，夾片可固定及定位鋼絞線，亦為主要傳遞鋼絞線系統張力負載至錨頭上之裝置。



圖 1.10-3 開孔數 14 及 19 之錨頭

錨頭與鋼絞線之間主要透過夾片箝固，夾片可固定及定位鋼絞線，亦可將鋼絞線系統之張力負載傳遞至錨頭，事故橋梁所使用之夾片尺寸紀錄及三視圖如圖 1.10-4 及圖 1.10-5。



圖 1.10-4 事故橋梁之夾片照片及尺寸

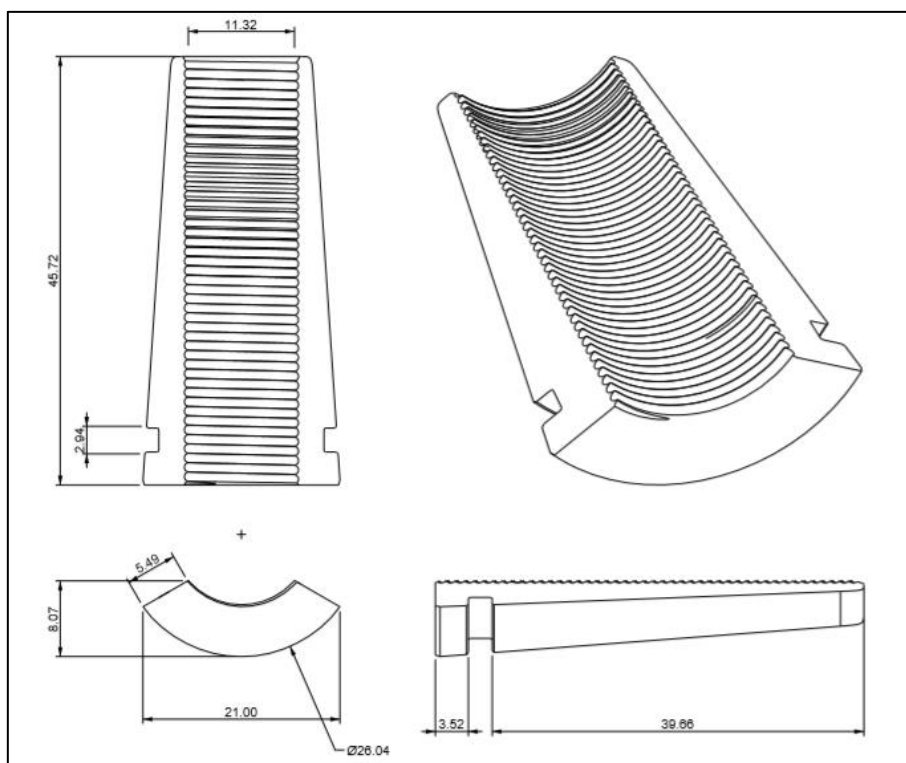


圖 1.10-5 夾片三視圖

為進一步了解事故橋梁之錨頭規格及其相關資訊，本會委請國家中山科學研究院材料暨光電研究所（以下簡稱中科院）對錨頭進行相關外型資料量測及材料強度試驗。

1.10.2 主橋吊索系統損害資料

事故橋梁之吊索外部皆套有一 HDPE 吊索套管，依據竣工圖及現場勘查結果，橋梁興建時期，將鋼絞線安裝於吊索套筒內，兩者間未有其他裝置或組件固定，故於事故橋及吊索斷裂後，吊索套筒即掉落水中。

檢視事故橋梁之吊索套管內壁表面無異常損壞發現，無油脂或物質之施塗或添加之發現。破口斷裂面呈撕裂態，且套管表面破口周遭伴隨摩擦；另事故後移除鋼索時，因人為施工造成破壞，其表面斷裂處平整，詳圖 1.10-6。



圖 1.10-6 吊索套管破壞狀況

依據本會先遣小組空中測繪資料及國震中心提供 LiDAR 掃描成果，第 2、3、4、6 及部分第 5、7、8、9、10 號吊索脫離或斷裂後完全浸泡於海水中，如圖 1.10-7，事故後 13 條吊索的殘留狀況，如圖 1.10-8。圖 1.10-9 為浸水吊索與水線套疊示意圖，圖 1.10-10 至圖 1.10-13 為吊索浸泡海水照片。



圖 1.10-7 事故後吊索狀況

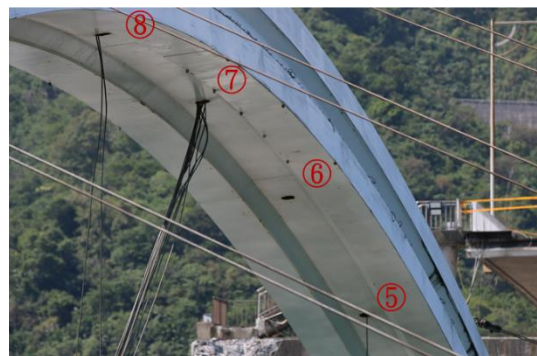
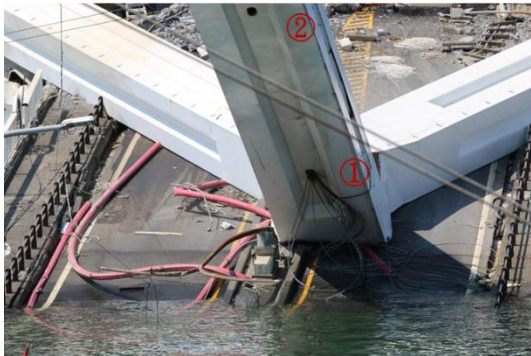




圖 1.10-8 事故後 13 條吊索的殘留狀況

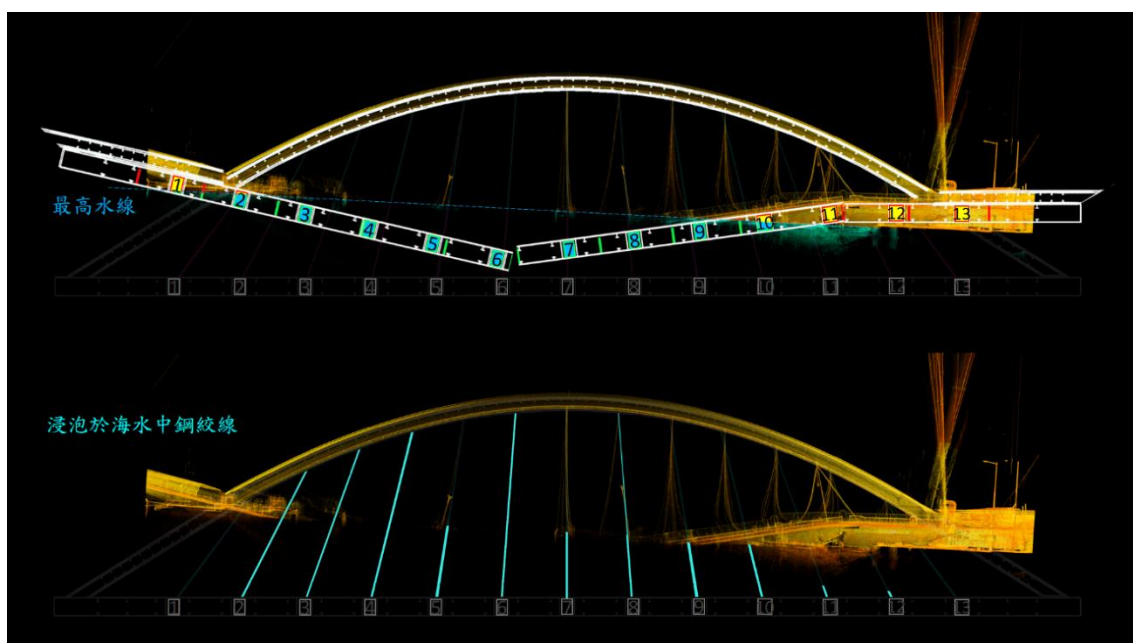


圖 1.10-9 浸水吊索（藍色處）與水線套疊示意圖

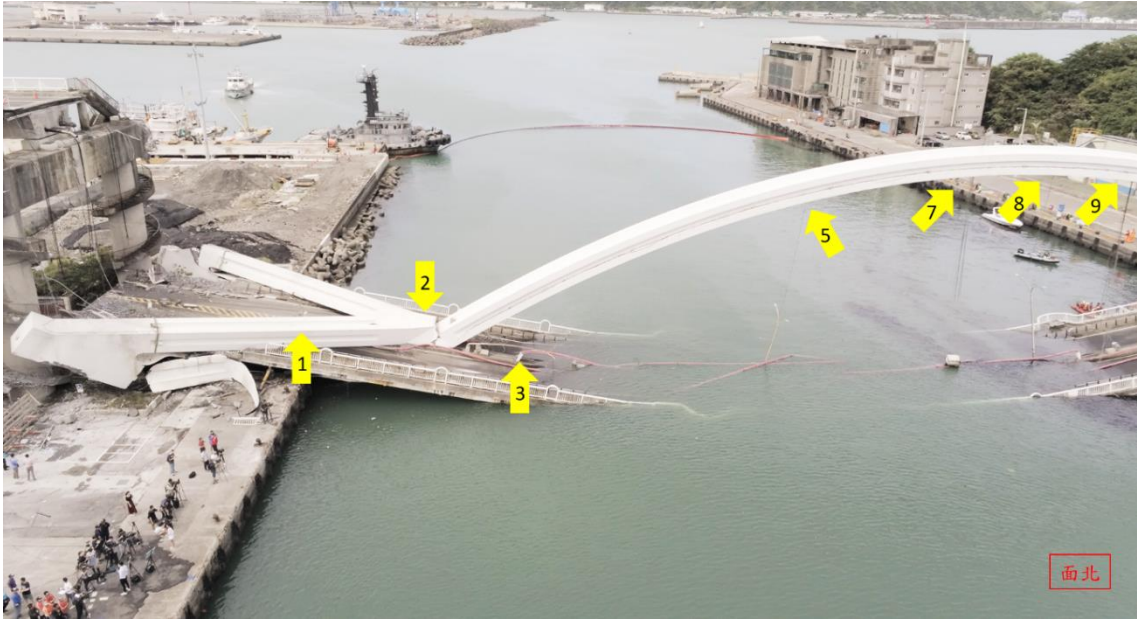


圖 1.10-10 第 1-9 號吊索入水狀況 (面北)



圖 1.10-11 第 1-7 號吊索入水狀況 (面南)

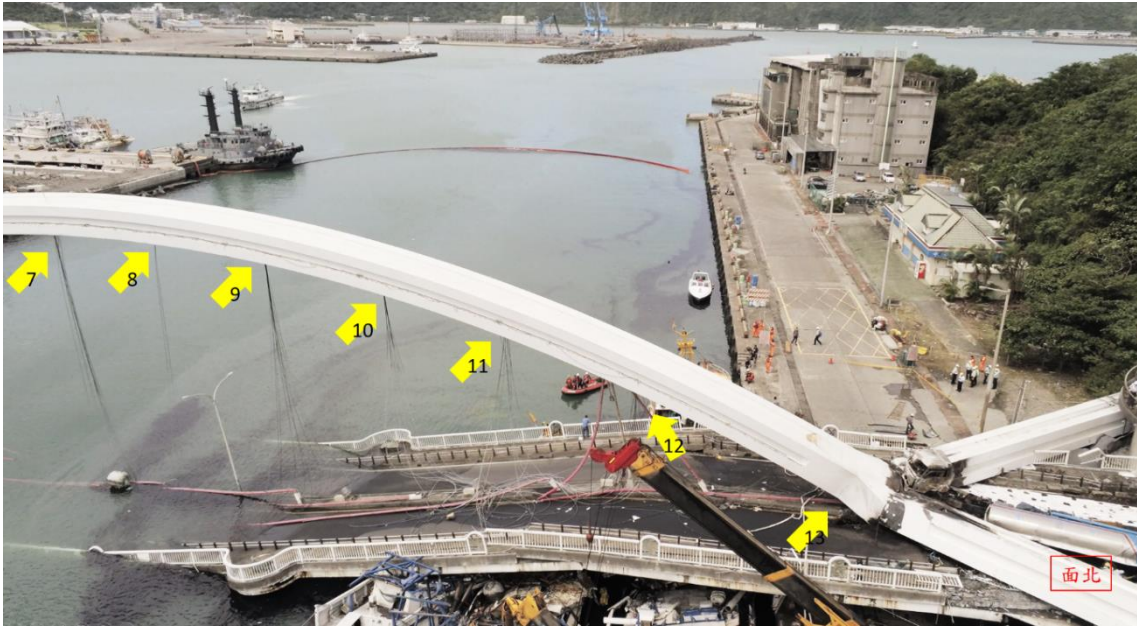


圖 1.10-12 第 7-13 號吊索入水狀況（面北）

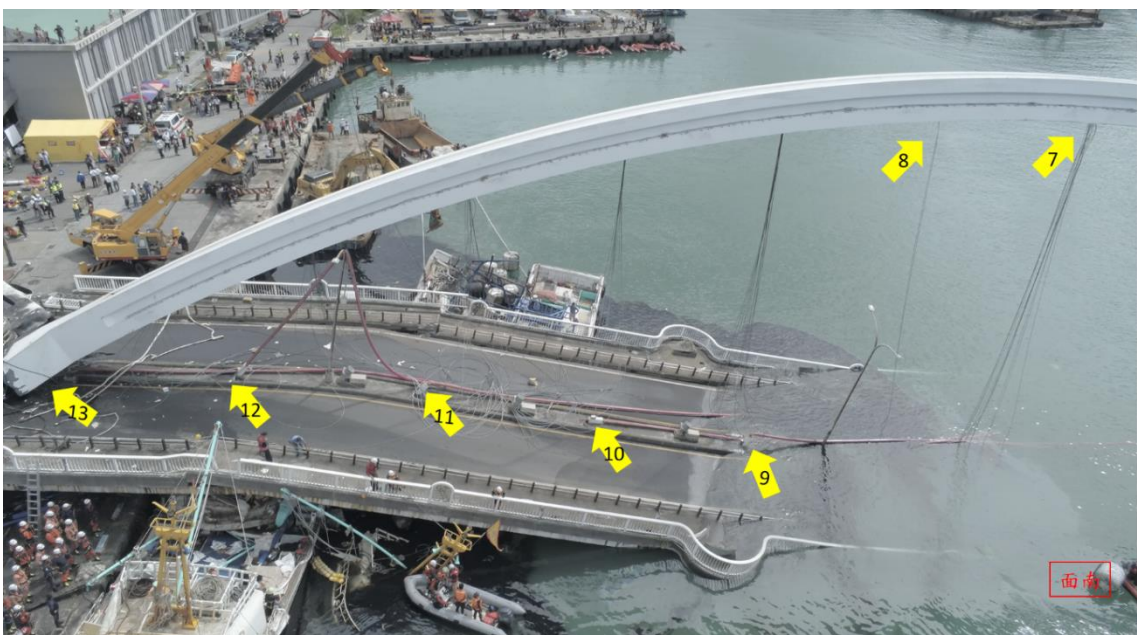


圖 1.10-13 第 9-13 號吊索入水狀況（面南）

因鋼絞線長度過長且重，事故發生後依施工安全性及運送存放限制，進行分段裁切作業，除少量鋼絞線因於海上裁切時落入海中未收回外，大橋所使用之鋼絞線共 177 束，總長度超過約 90%均回收後移至蘇澳港 11 號倉庫存放。調查小組對所有回收之鋼絞線進行受損狀況分類、統計、分布

等進行資料彙整，部分較輕微或細部之破壞型態發現有：

- 末段退穿 (extruded)
- 心線位移 (displaced)
- 心線遺落 (remaining)
- 心線遺失 (missing)
- 鋼線脫離凸出 (protruded)

其餘因大橋斷裂時所受損之鋼絞線分類及分布如圖 1.10-14 至圖 1.10-19，主要較顯著¹⁸破壞型態包含：

- 鋼絞線之末端完整有夾片壓痕且與錨頭脫離 (escaped)
- 退絞解離 (detwisted) 或四散 (open-end)
- 頸縮 (necking) 斷線
- 烏籠現象 (caging)
- 鏽蝕 (corrosion)

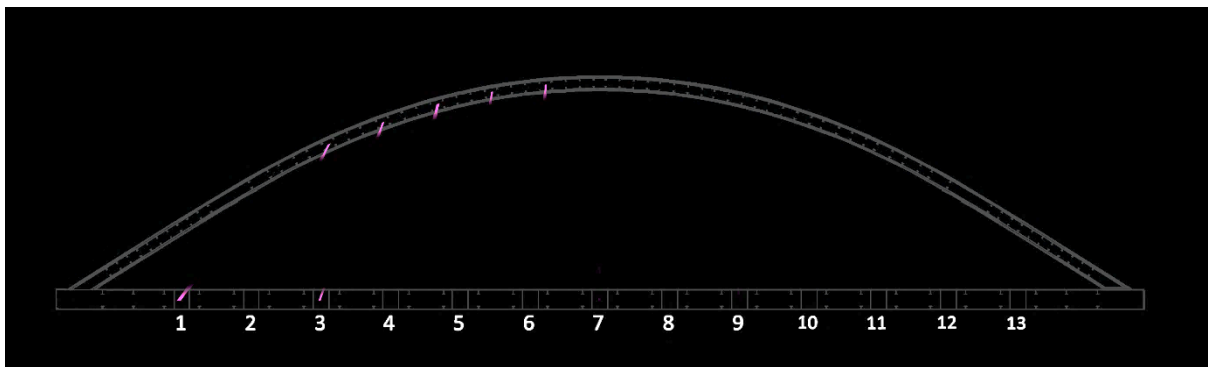


圖 1.10-14 鋼絞線與錨頭脫離

¹⁸ 標示之破壞非吊索中所有鋼絞線皆發現遭受相同破壞行為，詳附件 5 之紀錄。

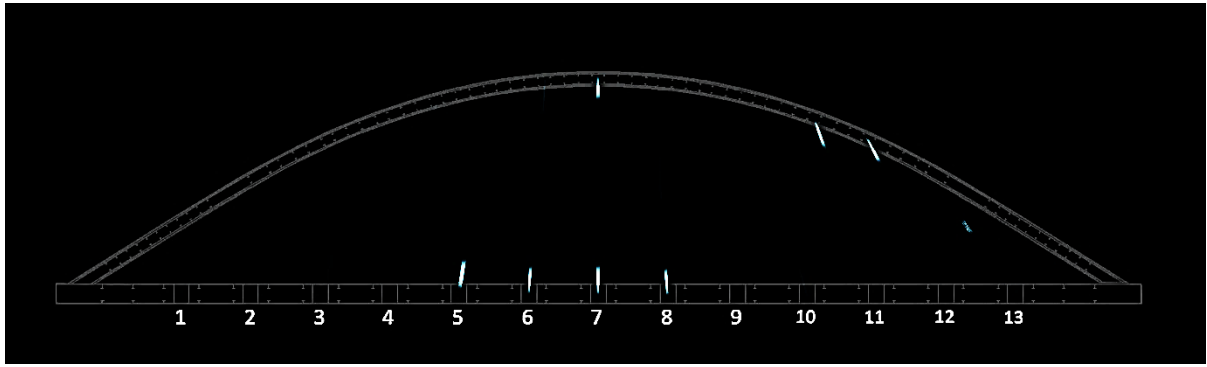


圖 1.10-15 鳥籠狀況

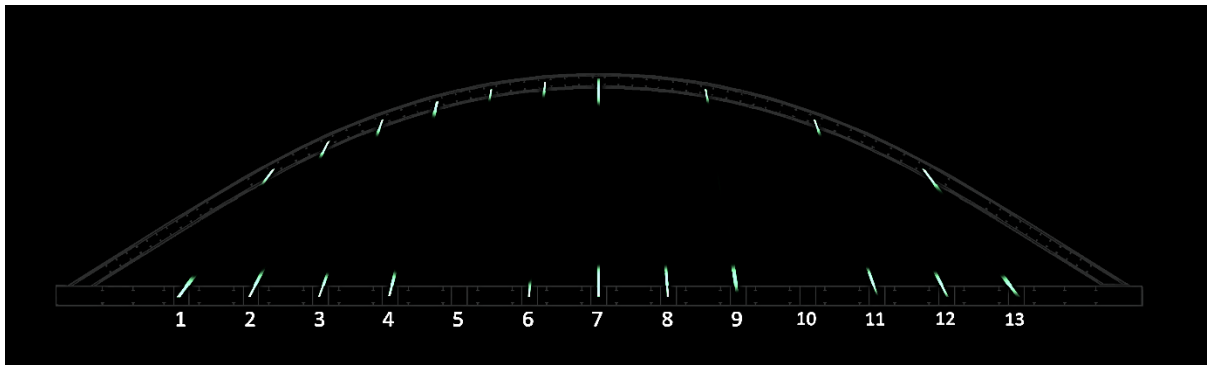


圖 1.10-16 退絞狀況

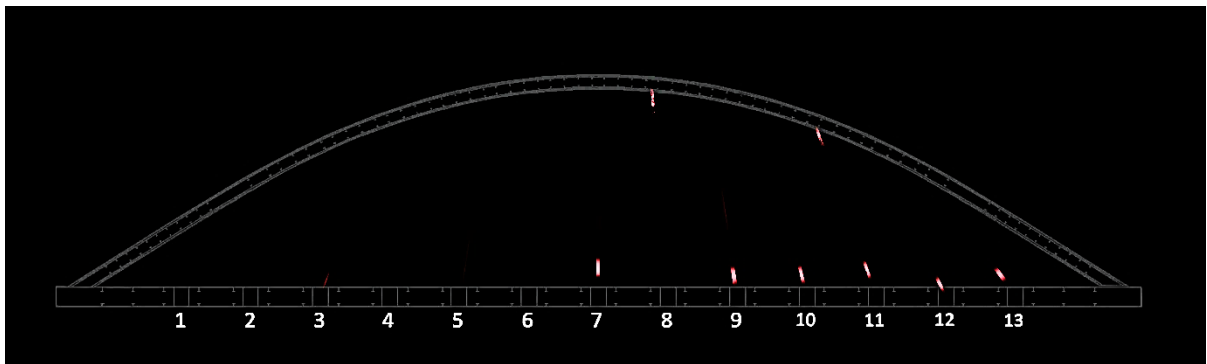


圖 1.10-17 頸縮斷裂狀況

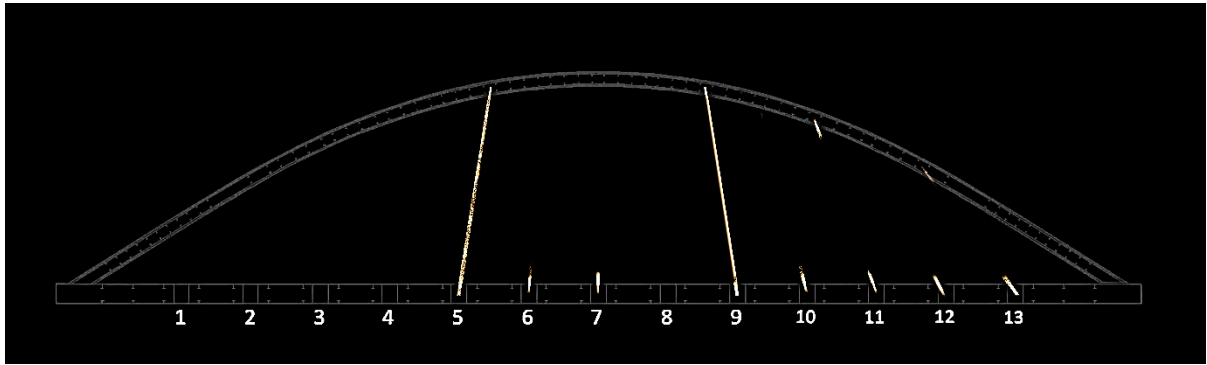


圖 1.10-18 鏽蝕狀況

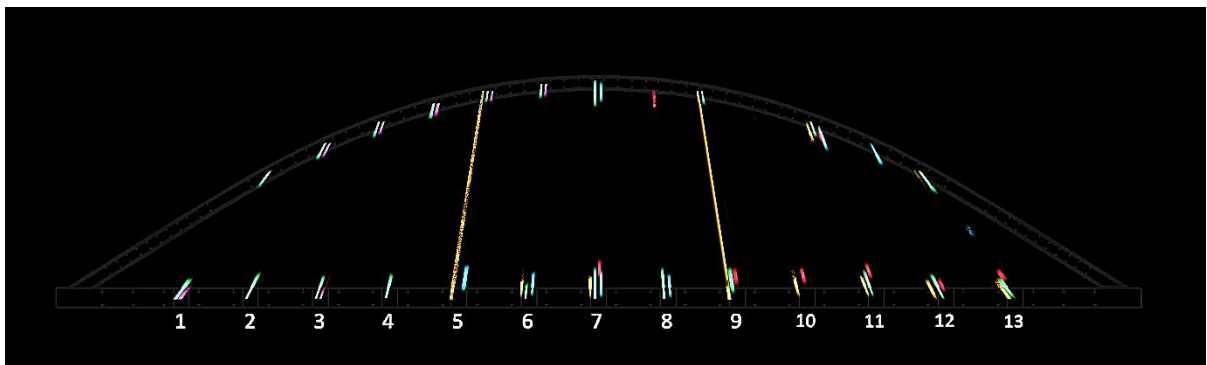


圖 1.10-19 吊索顯著破壞狀況總覽

1.10.3 鋼絞線孔位匹配與拱架端錨承壓狀況

依據大橋竣工圖，事故橋梁端錨承壓板設計尺寸為長 540 公厘，寬 500 公厘之鋼板結構，承壓板中央開一直徑 162 公厘圓孔，以供錨頭吊索穿出。

依其拱架端錨系統結構配置情形，主橋大部分的重量係設計由各吊索承受，其鋼絞線將張力負載透過夾片傳遞至錨頭，承壓板目的為接收所有來自鋼絞線的負載並轉移至拱架本體上。實際勘查結果，部分承壓板上留有圓形且直徑與錨頭相仿的壓痕，其可見該壓痕圓心與開孔圓心有非同軸之偏心現象，如圖 1.10-20，詳細紀錄詳附件 6。



圖 1.10-20 承壓板壓痕偏心現象

另於 10 號吊索所使用之 14 孔錨頭，比對其各留有一個未使用的線孔發現，上下錨頭未使用之線孔無法平行匹配，詳圖 1.10-21。

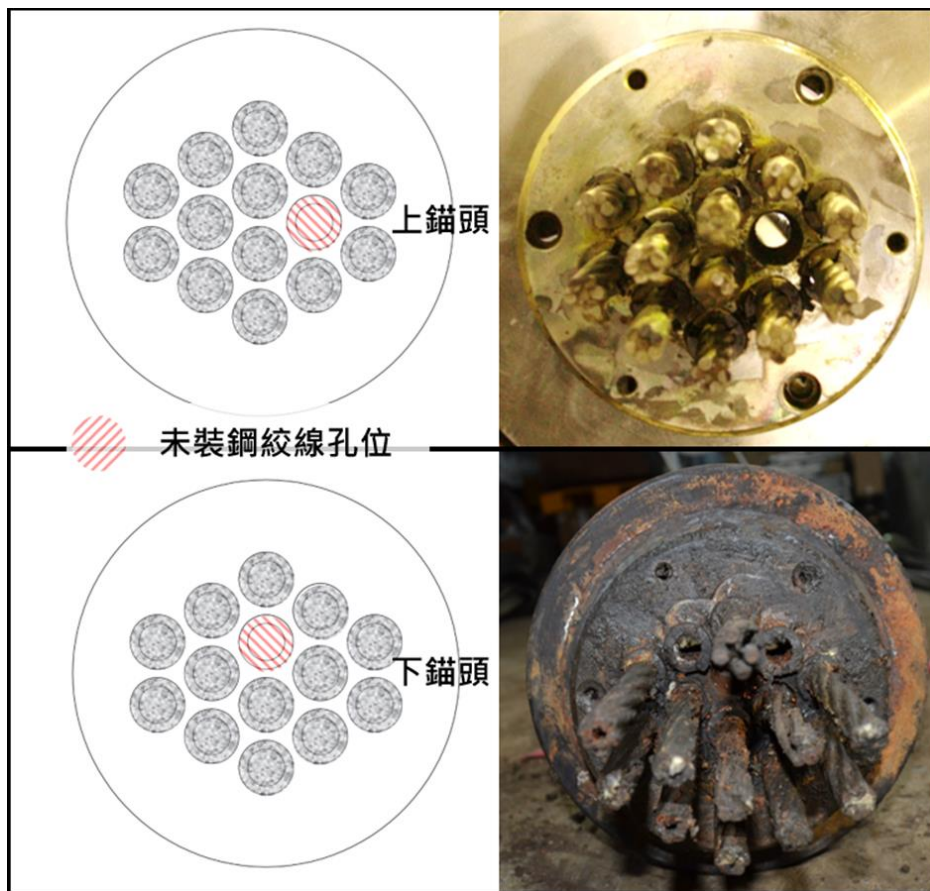


圖 1.10-21 未使用孔位上下錨頭不平行匹配

1.10.4 主橋橋面大梁損害資料

調查小組委請國立臺灣大學土木工程學系團隊協助勘察。橋面大梁拆除後分成不同節塊置於岸上，編號順序與相對位置及方位由西側至東側分別為 C1-1、C1-2、C2-1、C2-2、C3-1、C3-2、C4、C5、C6、C7、C8、C9-1、C9-2 等共 13 個節塊，切割位置如圖 1.10-22，主要斷裂面在靠近中央位置（C3-2 節塊與 C4 節塊連接處），距西側橋墩約 62.9 公尺，斷面紀錄如圖 1.10-24 及圖 1.10-25 所示，勘察紀錄詳附錄 1。

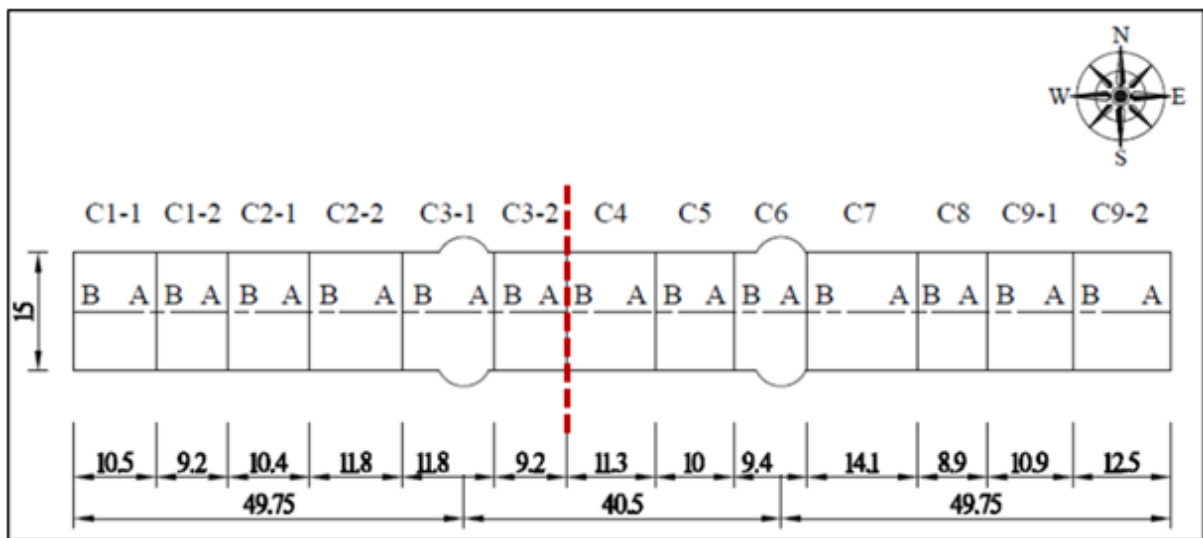


圖 1.10-22 橋面大梁拆除切割位置示意圖

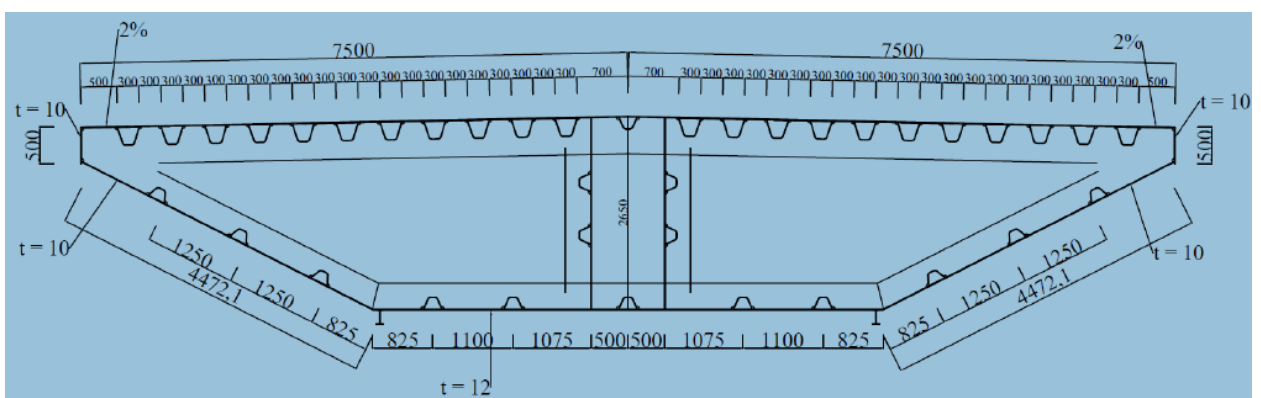


圖 1.10-23 節塊斷面圖

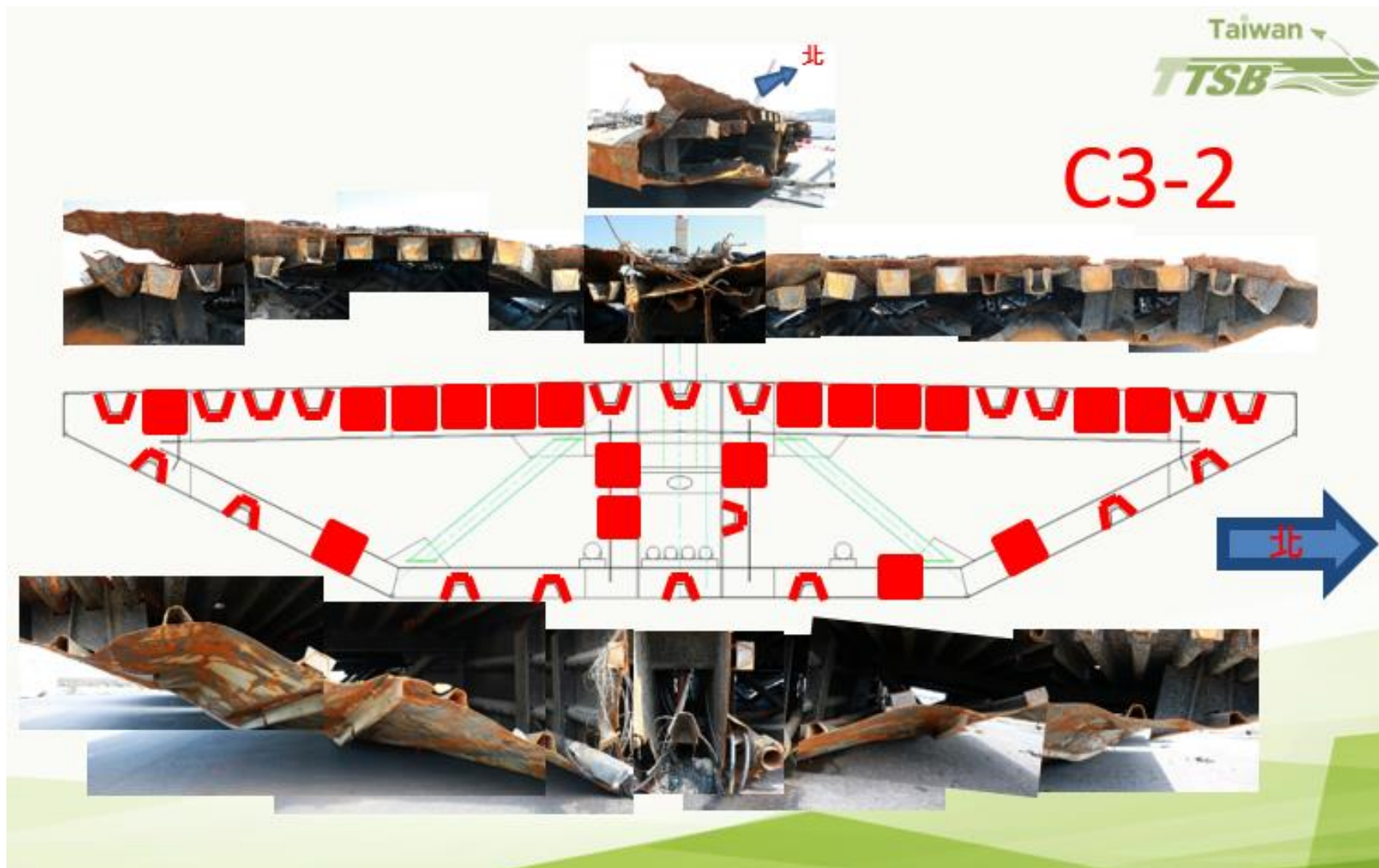


圖 1.10-24 C3-2、C4 節塊連接斷面圖（西側）

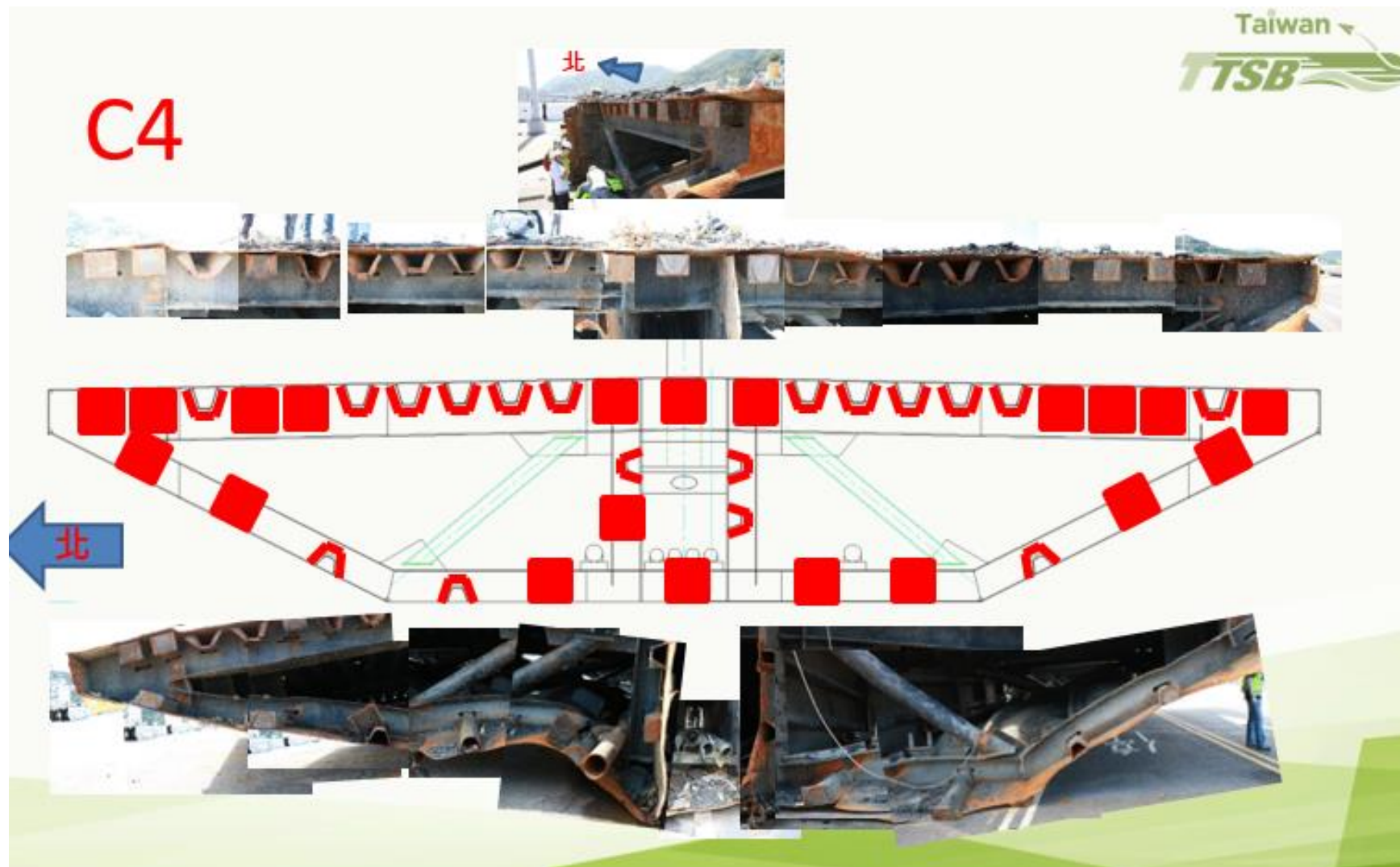


圖 1.10-25 C3-2、C4 節塊連接斷面圖（東側）

1.11 測試與研究

本章節包含鋼絞線拉伸試驗、事故橋梁之錨頭非破壞探傷檢測、新製錨頭拉伸試驗及橋面瀝青鋪面鑽心取樣等。

1.11.1 鋼絞線拉伸試驗

調查小組於民國 108 年 10 月 25 日進行鋼絞線取樣作業，圖 1.11-1 為事故橋梁之鋼絞線取樣示意圖，包含正常及生鏽之鋼絞線，第 8 條吊索選定 1 束 4.5 公尺鋼絞線，裁切成 3 段 1.5 公尺之鋼絞線試驗件（8-1；8-2；8-3）；第 9 條吊索選定 2 束 4.5 公尺鋼絞線，其中 1 束鋼絞線外觀顏色比較黑，共裁切成 3 段 1.5 公尺之鋼絞線試驗件（9-1；9-2；9-3），另 1 束為生鏽之鋼絞線，裁切成 3 段 1.5 公尺之鋼絞線試驗件（9-4；9-5；9-6），第 12 條吊索選定 1 束 4.5 公尺鋼絞線，裁切成 3 段 1.5 公尺之鋼絞線試驗件（12-1；12-2；12-3）。於民國 109 年 1 月 8 日將 12 段鋼絞線試驗件及所有端錨運送至國震中心，當日亦於第 10 條吊索選定 1 束 4.5 公尺鋼絞線，裁切成 3 段 1.5 公尺之鋼絞線試驗件（10-1；10-2；10-3）。

民國 109 年 1 月 21 日在華光工程顧問股份有限公司楊梅試驗室（以下簡稱華光公司楊梅試驗室）進行鋼絞線拉伸試驗，參與檢測單位包括：運安會及國震中心，本次拉伸試驗包含 15 段事故橋梁之鋼絞線以及 2 段新品鋼絞線（圖 1.11-2），試驗內容包括量測鋼絞線外徑、心線及外層鋼線外徑、拉伸負載、降伏強度、抗拉強度等。正常鋼絞線外徑大致符合設計要求，拉伸負載均大於原始設計之 265.5 千牛頓；生鏽鋼絞線（9-4；9-5；9-6）外徑約 15.41 公釐，低於設計要求，拉伸負載約 261.63 千牛頓，低於原始設計之 265.5 千牛頓，鋼絞線拉伸試驗報告詳附錄 2。圖 1.11-3 為拉伸試驗機台及斷裂之鋼絞線，圖 1.11-4 為拉伸試驗機台及斷裂之鋼絞線。

另於 2 月 21 日在華光公司楊梅試驗室進行另 3 段新品鋼絞線拉伸試驗，新品鋼絞線拉伸負載為 286.2 千牛頓。

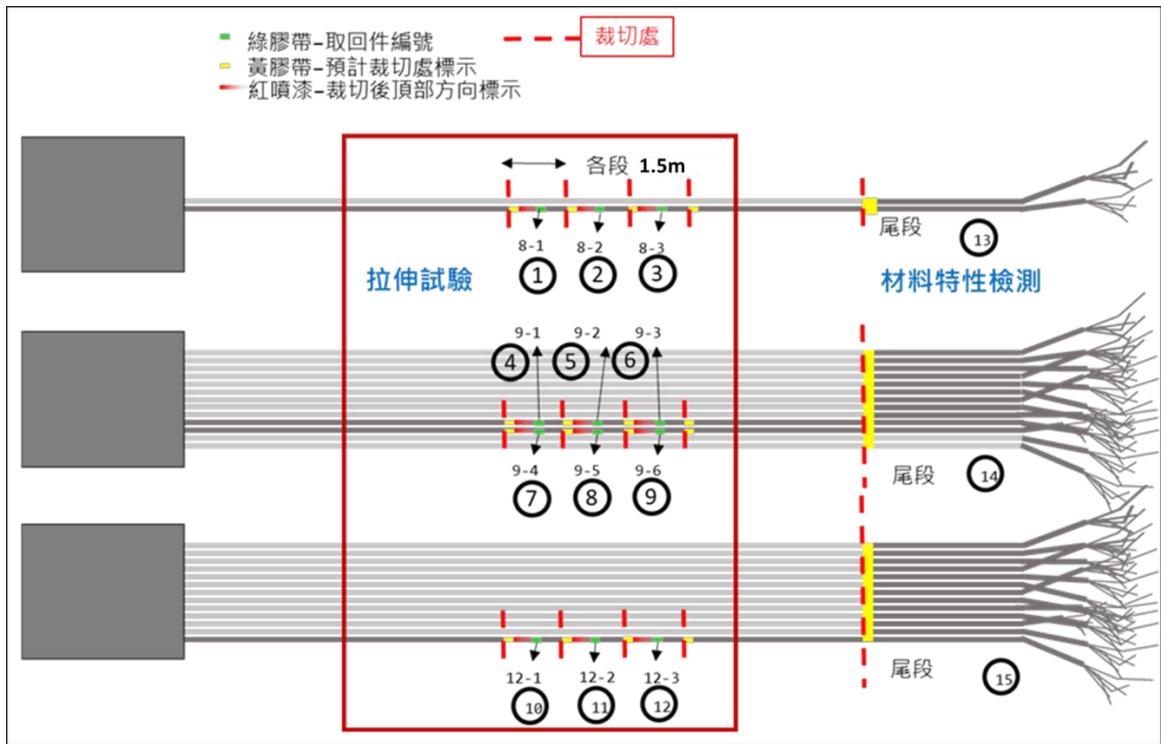


圖 1.11-1 鋼絞線取樣示意圖



圖 1.11-2 鋼絞線試驗件



圖 1.11-3 拉伸試驗機台及斷裂鋼絞線



圖 1.11-4 拉伸試驗完成之斷裂鋼絞線

1.11.2 事故橋梁之錨頭非破壞探傷檢測

調查小組於民國 109 年 2 月 7 日進行 10 號及 12 號上端錨錨頭非破壞螢光探傷檢測作業，參與檢測單位包括：運安會、中科院、國震中心。檢測區域為錨頭側面及上下表面（圖 1.11-5），先以清潔溶劑去除錨頭表面之油膏及髒污，再以螢光探傷專用清潔劑清潔待測表面，之後噴塗螢光劑於待測表面，等候適當時間讓螢光劑滲透裂紋處，去除表面螢光劑後再噴上顯影劑，在紫外線燈下觀察，如圖 1.11-6。



圖 1.11-5 錨頭檢測區域

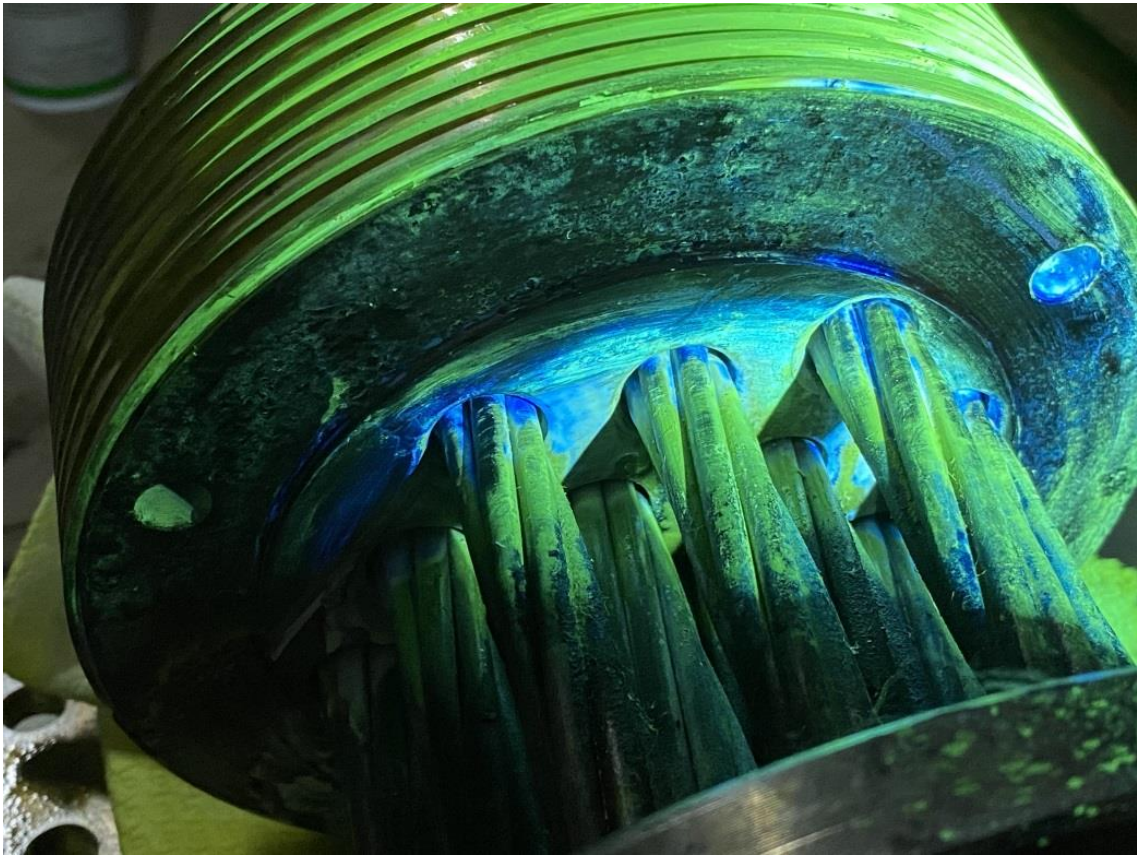


圖 1.11-6 螢光探傷檢測

10 號上錨頭側面共有兩處表面裂紋，位於側面螺紋之齒峰位置（圖 1.11-7），圖中 A 處裂紋有向下延伸，但目視判斷其深度較淺；B 處裂紋位於連續 3 齒之齒峰位置，且紋路筆直，疑似表面刮傷造成；其他表面並未發現明顯裂紋，可觀察到鏽斑現象。12 號上錨頭側面亦有兩處表面裂紋，亦位於側面螺紋之齒峰位置（圖 1.11-8）；其他表面未發現明顯裂紋；上表面有較多鏽斑，側面亦可觀察到鏽斑現象。

經非破壞螢光探傷檢測後，發現 10 號及 12 號上錨頭側面皆有表面裂紋，但其深度相當淺，研判對後續拉伸試驗沒有影響。

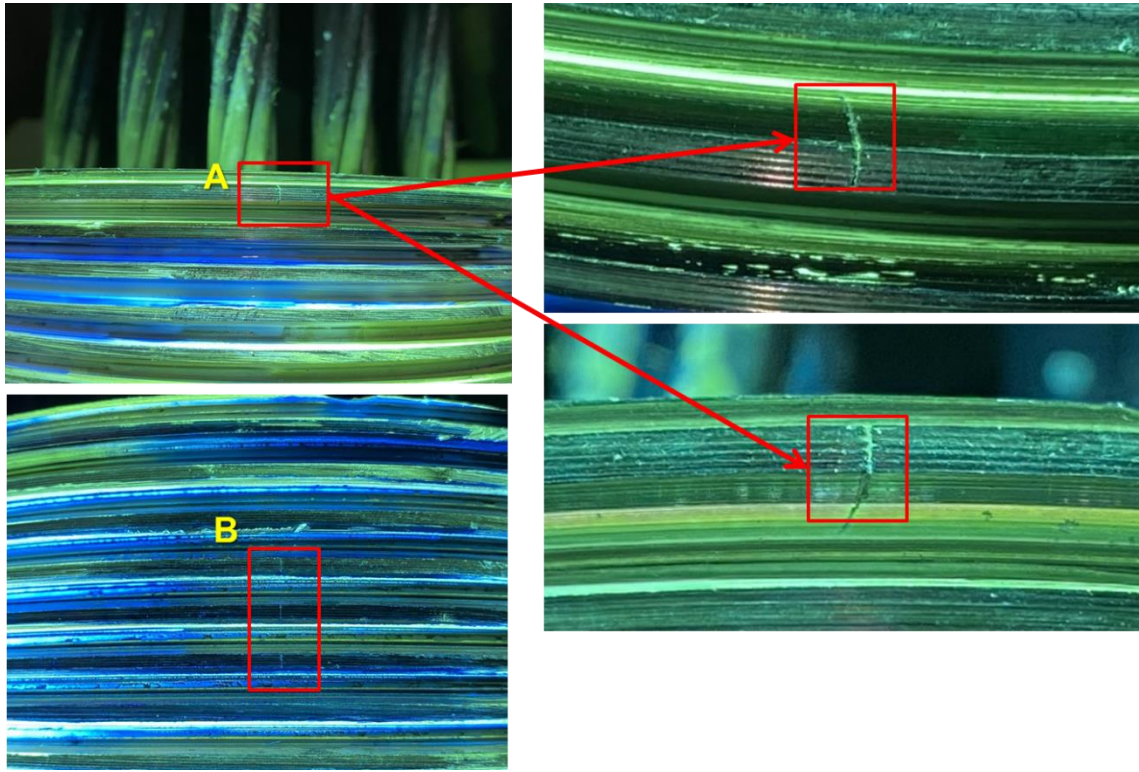


圖 1.11-7 10 號上錨頭側面之表面裂紋

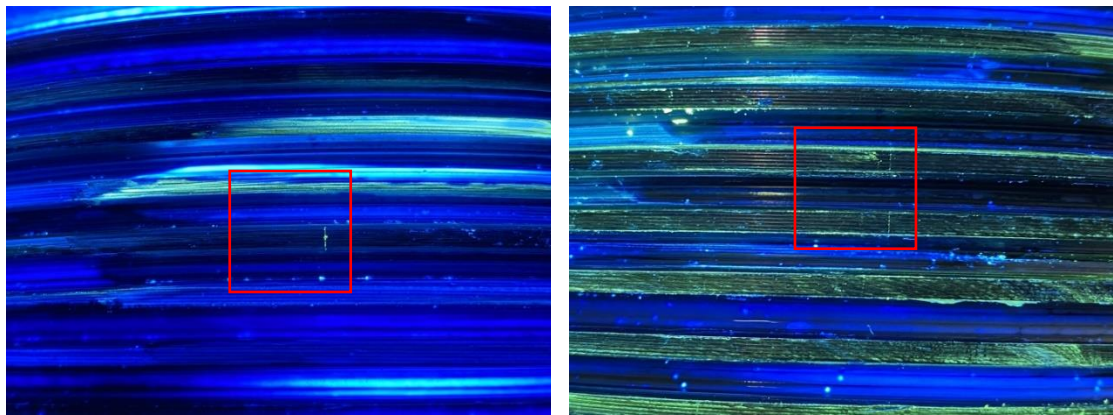


圖 1.11-8 12 號上錨頭側面之表面裂紋

1.11.3 新製錨頭拉伸試驗

為進行事故橋梁之錨頭拉伸測試，調查小組訂製一新製錨頭，並於民國 109 年 2 月 21 日在華光公司楊梅試驗室進行新製錨頭拉伸試驗，參與檢測單位包括：運安會、國震中心。試驗目的為驗證新製錨頭強度是否符合

規範，若新製錨頭通過測試，可做為後續事故橋梁 10 號上錨頭拉伸測試之另一固定端之錨頭。此次試驗方法為「ETAG 013 後拉預力系統之技術指引（2002）」，合格標準為 Post-Tensioning Institute（PTI）測試規範「Recommendations for Stay Cable Design, Testing, and Installation（Fifth Edition, 2007）」。

事故橋梁 2 至 12 號上錨頭各配置 13 條鋼絞線，搭配之錨頭採 14 開孔設計。圖 1.11-9 為新舊錨頭之比較圖，圖 1.11-9（左）為事故橋梁之錨頭，圖 1.11-9（右）為新製錨頭，係依照原事故橋梁之錨頭仿製，但開孔密度較低，孔與孔的距離較大，開孔直徑依新夾片尺寸而放大，新製錨頭及新製夾片如圖 1.11-10。新製錨頭實際鋼絞線安裝狀況如圖 1.11-11（右），圖 1.11-11（左）之紅色標示位置為未安裝鋼絞線之開孔。

正常錨頭測試的系統破壞模式為鋼絞線斷裂於夾片處，錨頭測試合格的標準是強度需大於鋼絞線實際極限強度的 92%，或鋼絞線標稱強度的 95%。依 1.11.1 節鋼絞線拉伸試驗結果，新品鋼絞線的拉伸負載約 286.2 千牛頓，設計標稱強度是 279.0 千牛頓，因此錨頭測試合格的標準為 3,423.0 千牛頓（286.2 千牛頓 \times 13 股 \times 92%）或 3,445.7 千牛頓（279.0 千牛頓 \times 13 股 \times 95%），因此新製錨頭強度需大於 3,423.0 千牛頓。

拉伸試驗以每分鐘約 100 MPa 等速施加負載，達到 80%標稱強度（2,901.6 千牛頓）時，改以等應變速率施加負載，直至破壞為止。拉伸試驗進行至出現第 1 束鋼絞線斷裂時，拉伸負載達 3,488 千牛頓，鋼絞線破壞孔位分布及測試照片詳圖 1.11-12。本次試驗結果顯示，新製錨頭強度達 3,488 千牛頓，大於 3,423.0 千牛頓，符合 PTI 規範。

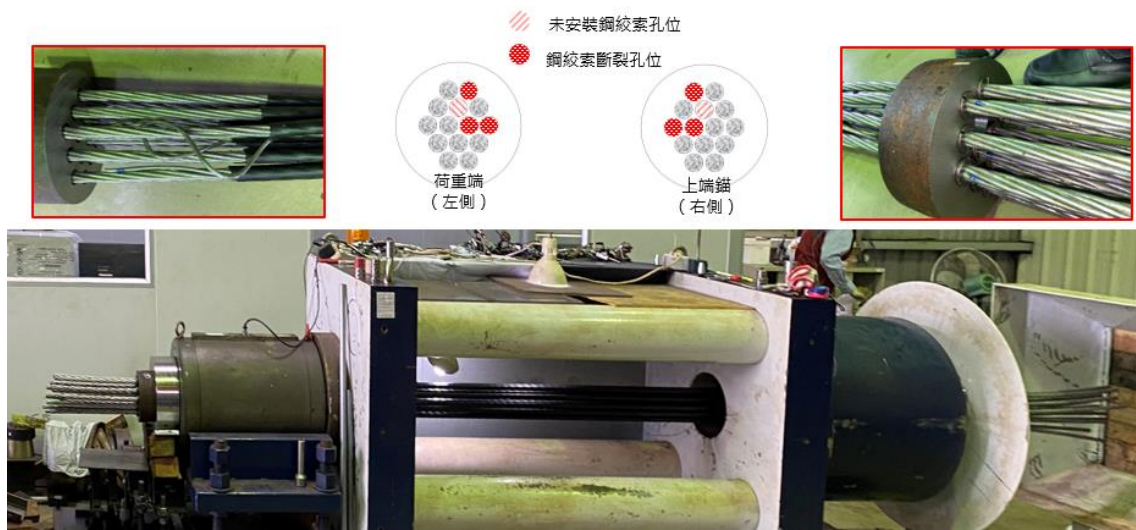


圖 1.11-12 新製錨頭拉伸試驗照片

1.11.4 橋面瀝青鋪面鑽心取樣

民國 108 年 10 月 10 日由宜蘭地檢署委託健荃技術顧問有限公司進行南方澳大橋鋪面厚度鑽心量測，其取樣範圍僅就橋面露出水面部分，計有編號 1、2、3、10、11、12、13 等 7 處，現場採平均範圍取樣 AC 試體共 21 處，採樣位置點如圖 1.11-13，檢測報告詳附件 7。

民國 108 年 10 月 25 日另請潛水俠進行水下之橋面 AC 厚度鑿孔量測，鋼纜下部固定端錨落入水中者計有編號 4 至 9，經現場指定於第 5、7、8 附近各取 3 處進行測量，上述共 30 處量測數據如表 1.11-1，平均鑽心厚度為 12.5 公分。

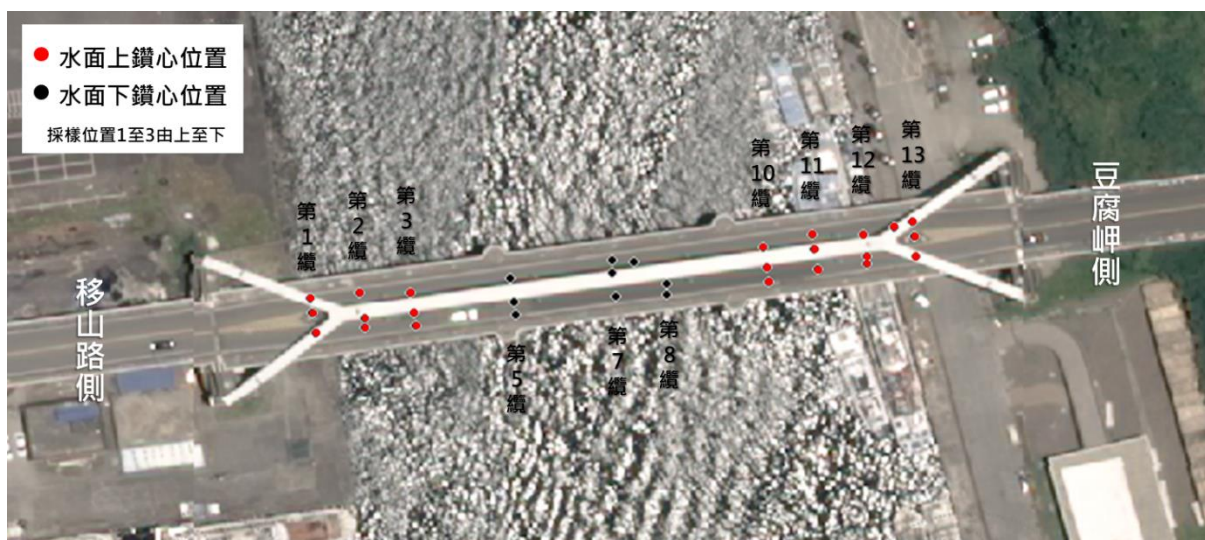


圖 1.11-13 鑽心位置示意圖

表 1.11-1 鑽心檢測報告及現場量測數據（單位：公分）

鋼索編號	採樣位置 1	採樣位置 2	採樣位置 3
1	14.0	9.6	12.5
2	15.0	9.6	13.2
3	10.6	10.4	12.3
5 (水下)	11.1	11.0	11.3
7 (水下)	13.1	13.5	11.7
8 (水下)	13.5	12.7	12.3
10	12.1	9.7	13.4
11	15.9	13.3	10.8
12	14.5	—	11.9
12 至 13 之間	17.5	—	—
13	16.7	12.2	11.8

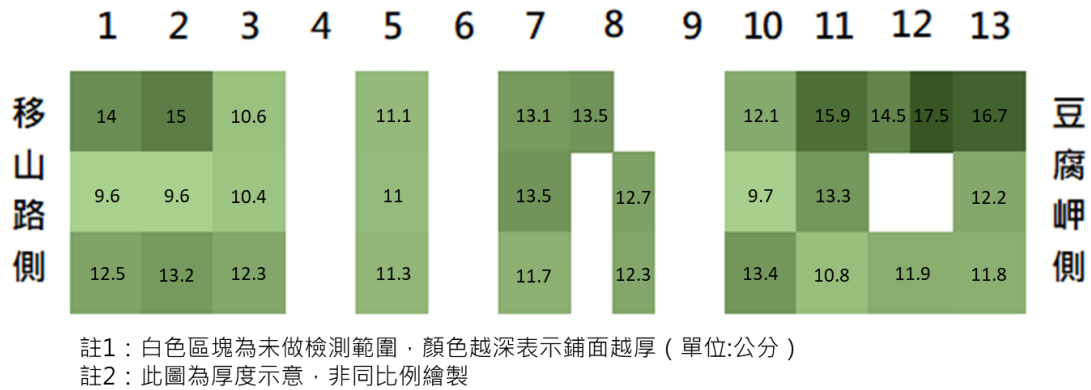


圖 1.11-14 鋪面厚度俯視示意圖

1.12 組織與管理

1.12.1 橋梁維護及管理

1.12.1.1 南方澳大橋之維管機關

民國 83 年 8 月 26 日前基隆港務局召開蘇澳港跨漁港航道拱橋興建協調會，會議決議申請省政府交通建設基金興建大橋，興建工程由宜蘭縣政府負責，宜蘭縣政府於民國 87 年 11 月 27 日完成營造工程複驗，同年 12 月 15 日發函，移交由前基隆港務局管養。

因應機關改制，民國 101 年 2 月 24 日前基隆港務局進行財產移撥，將土地、建物（包含南方澳大橋）等財產移撥交通部航港局¹⁹（以下簡稱航港局），民國 101 年 3 月 1 日航港體制變革，交通部所屬基隆港務局、臺中港務局、高雄港務局、花蓮港務局改制，成立航港局及港務公司。

依據商港法第 10 條第 1 項，航港局與港務公司簽訂「國際商港區域內公共基礎設施興建維護委託辦理契約書」，自民國 101 年 3 月 1 日起將國際

¹⁹ 由於「國營港務股份有限公司設置條例」於民國 100 年 11 月 9 日立法院三讀通過總統公布施行；「交通及建設部航港局組織法」卻未同步完成立法程序，航港局爰依據「中央行政機關組織基準法」第 36 條規定，訂定「交通部航港局暫行組織規程」、辦事細則及編制表，報經行政院民國 100 年 12 月 16 日核定，於民國 101 年 3 月 1 日與臺灣港務股份有限公司同時成立。

商港區域內公共基礎設施（包含橋梁）興建維護委託港務公司辦理，亦即此後航港局將南方澳大橋之維管作業交由港務公司辦理。依據商港法第 2 條及第 7 條第 5 項，航港局與港務公司簽訂「交通部航港局經營公有財產無償提供使用契約」，自民國 103 年 1 月 1 日起，航港局之公有財產無償提供港務公司使用，航港局於民國 105 年 12 月 29 日去函港務公司，為辦理民國 105 年度經營公用財產契約滾動檢討，始將拱橋納入民國 105 年上半年度蘇澳港土改無償提供使用清冊，南方澳大橋產權仍為航港局所有。

1.12.1.2 臺灣地區橋梁資訊管理系統

交通部為整合各機關橋梁資料，俾進行整體性之橋梁管理、預算分配及災害防救等業務，於民國 88 年責成運研所開發 TBMS，該系統於民國 89 年建置完成，開放全國各橋梁管理機關將其轄管橋梁之「基本資料」、「檢測資料」及「維修資料」填報登載 TBMS 內。

事故當時使用 TBMS 之機關為交通部高速公路局（以下簡稱高公局）、公路總局、交通部臺灣鐵路管理局及 22 個縣市政府，除上述機關外，其他橋梁主管機關如農委會、經濟部等，皆未使用 TBMS 系統建置所屬橋梁資料。

宜蘭縣政府於民國 105 年 10 月 31 日函請運研所將 TBMS 內南方澳大橋之轄管機關更正為港務公司，運研所則於民國 105 年 11 月 3 日函請中央大學將該橋轄管機關變更，中央大學亦於民國 105 年 11 月 10 日函復宜蘭縣政府，已將轄管機關調整為港務公司（轄下機關蘇澳港營運處），又蘇澳港營運處於民國 105 年 11 月 15 日函復運研所說明略以：「港務公司辦理港區內之公共基礎設施興建維護，係依交通部航港局及台灣港務股份有限公司所訂『國際商港區域內公共基礎設施興建維護委託辦理契約書』辦理，其相關經費係以航港局項下之航港建設基金支應，公共基礎建設產權登記屬航港局。」，惟系統內已將轄管機關調整完成，故運研所回復將再與航港局洽詢，後續經蘇澳港營運處反映後也未再作調整。

1.12.2 橋梁維護管理之相關規範

依據相關法規，我國公路主管機關在中央為交通部；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。各公路主管機關應建立橋梁管理系統，以加強公路橋梁檢測維護作業。橋梁檢測之制度、方法、頻率及檢測人員之資格與培訓、簽證制度要點，由交通部統一訂定。

相關法規摘錄如下：

公路法第 3 條：「本法所稱公路主管機關：在中央為交通部；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。」

公路法第 26 條：「國道、省道之養護，由中央公路主管機關辦理。但省道經過直轄市、市行政區域部分之養護，除自成系統之快速公路外，由中央公路主管機關與直轄市政府、市政府協商定之。市道、區道之養護，由直轄市公路主管機關辦理；縣道、鄉道之養護，由縣（市）公路主管機關辦理。但委託中央公路主管機關管理之市道、縣道，由受委託之中央公路主管機關辦理。」

公路修建養護管理規則第 10 條：「公路主管機關，為加強公路橋梁檢測維護作業，應建立橋梁管理系統。前項橋梁檢測之制度、方法、頻率及檢測人員之資格與培訓、簽證制度要點，由中央公路主管機關統一訂定。」

公路修建養護管理規則第 33 條：「公路養護業務之範圍如下：... 二、公路路基、路面、路肩、橋梁、隧道、景觀、排水設施、行車安全設施、交控及通信設施之養護。...」

公路修建養護管理規則第 35 條第 1 項：「公路主管機關應就所轄路線，劃分區段實施養護、巡查、檢測，認有損毀之虞者，應採取必要措施，維護交通安全。」

1.12.2.1 橋梁檢測與補強規範

交通部為讓各級公路橋梁管理機關（單位）辦理公路橋梁檢測、評估、

維修及補強作業時有所依循，於民國 76 年頒布「公路養護手冊」，後因養路技術逐年增進，原有養護規定已不符實需；及為讓各級公路橋梁管理機關（單位）辦理公路橋梁檢測、評估、維修及補強作業時有所依循，於民國 92 年公布修訂版之「公路養護手冊」，另於民國 97 年正式頒布「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」。

民國 99 年，交通部考量「公路養護手冊」內容多屬執行細節規定，與規範性質不合，為重新定義公路養護規範，於民國 101 年頒布實施「公路養護規範」，並同時廢止「公路養護手冊」。另考量當時對於鋼筋混凝土結構橋梁檢測評估及補強尚無一致性規範，故於民國 104 年正式頒布「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」。

經多年來實務操作後，各相關檢測單位均反映「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」兩項規範對於橋梁檢測頻率、橋梁結構中相同部位之評估及維修補強等規定有諸多不一致處，造成相互抵觸競合及檢測人員評判困擾，因此交通部於民國 107 年正式頒布「公路橋梁檢測及補強規範」，並同時廢止民國 97 年頒布之「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」及民國 104 年頒布之「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」。

事故發生時各級公路橋梁管理機關應以「公路養護規範」辦理橋梁養護，並依橋梁主要材質差異，依據「公路橋梁檢測及補強規範」進行橋梁結構之定期檢測與維護作業。

南方澳大橋斷裂重大公路事故發生後，交通部指出民國 107 年頒佈之「公路橋梁檢測及補強規範」係著重於一般性橋梁之檢測及補強，對於特殊性橋梁則由各級公路橋梁管理機關依橋梁特性、現地狀況及養護條件另訂檢測及養護規定。為避免再次造成類似南方澳大橋發生橋梁斷裂重大事故，交通部即針對特殊性橋梁之檢測及補強辦理「公路橋梁檢測及補強規範」修訂作業，並於民國 109 年 1 月 3 日頒布實施，我國公路橋梁養護、檢測及補強規範演進詳圖 1.12-1。

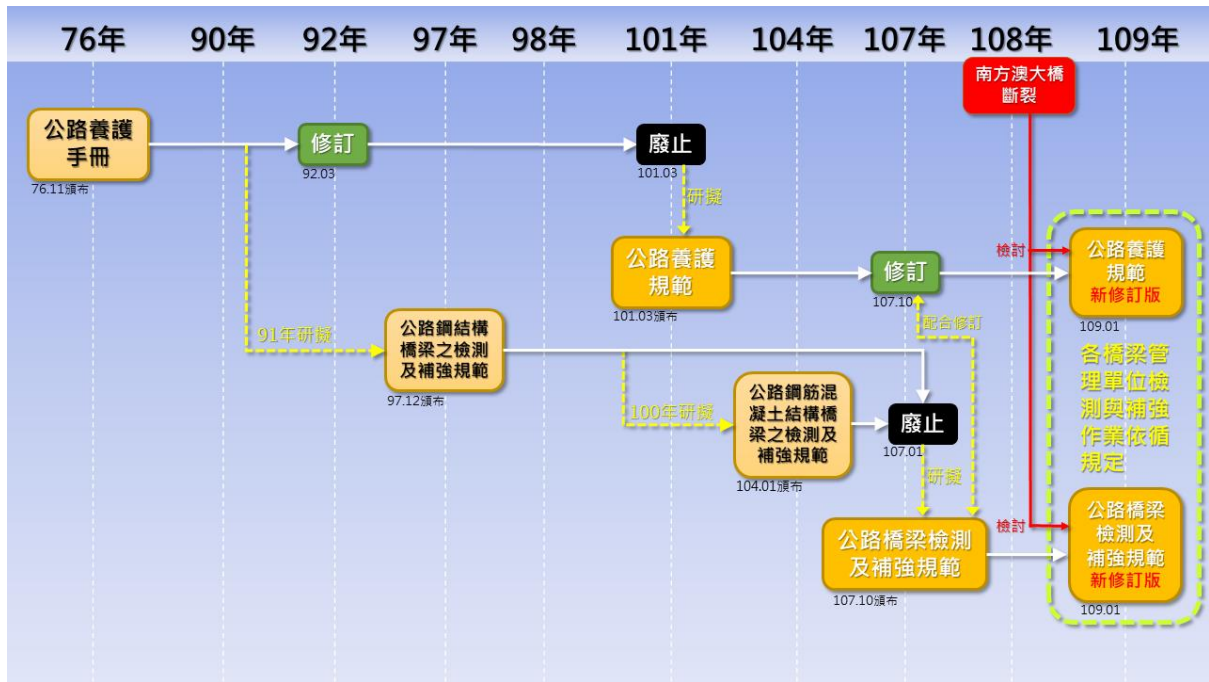


圖 1.12-1 我國公路橋梁相關規範演進圖

1.12.2.2 橋梁檢測及維護方法

事故發生後專案調查小組依據各年度「公路養護手冊」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」、「公路養護規範」以及「公路橋梁檢測及補強規範」，彙整各規範之檢測定義、檢測方式、檢測頻率以及特殊性橋梁維修及補強方法如表 1.12-1 所示。

表 1.12-1 各規範橋梁檢測及維護方法比較

檢測相關規定	檢測定義			檢測方式			檢測頻率			特殊性橋梁維修與補強方法
公路養護手冊 76年頒布	平時檢查：能掌握道路實況、交通狀況，作為道路改善作業之依據，俾能早期發現道路異狀及損壞，適切採取合宜之處理措施。	定期檢查：定期檢測係利用徒步或攀登方式儘可能接近構造物，予以較詳盡之檢查，以鑑定構造物之安全情形。	臨時檢查：在災害發生後立即辦理，尤其是颱風、豪雨、洪水、地震或重大交通事故後，對公路構造物做細部檢查。	平時檢查：平時檢查原則上以二人一組，共乘一部巡查車，由車上以目力檢視道路各種狀況，若發現有疑惑時，應下車詳查。	定期檢查：分為一般性定期檢查及細部定期檢查。	臨時檢查：應注意基礎有無沖刷或掏空之情事或發生大裂縫、位移等、位移等，並應詳予紀錄洪水位，作為日後修復或改建工程之依據。	平時檢查：每周二~三次。	定期檢查：每年一次。	臨時檢查：必要時。	無針對特殊性橋梁。僅橋梁修護材料與使用注意事項、修護與重建章節。
公路養護手冊 92年第一次修訂	經常巡查：係平時實施之橋梁異狀、損傷檢測。檢測重點在於對路緊急維修之異狀、損傷。	定期檢測：定期對橋梁所有構件實施全面檢測，並記錄之橋梁重點損傷、損傷。檢測重點在於掌握橋梁結構安全，早期發現構件之劣化程度並評估對橋梁功能及其原因。	特別檢測：由天災(如颱風、豪雨、地震造成之災害)或人為破壞(如火災或車輛撞損主梁等)引起之災害，致可能損傷橋梁結構所做之不定期檢測。	經常巡查：平時巡查原則上以二人一組，共乘一部巡查車，由車上以目力檢視橋梁構造物各種狀況，若發現有可疑之處，應下車檢查。	定期檢測：定期檢測係利用徒步或攀登方式或特殊機械車輛儘可能接近橋梁構造物，予以較詳盡之檢查，以鑑定橋梁構造物之安全情形。使用橋梁定期檢測資料表(DERU方式評定)。	特別檢測：使用橋梁特別檢測評估表，以目視方式快速進行評估，並依判斷結果評估是否開放通行。	經常巡查：高速公路每日巡查至少一次，快速公路每週巡查至少一次；其他公路每週巡查至少一次；每月至少一次。	定期檢測：原則上每二年至少檢測一次，惟橋梁跨徑超過一百五十公尺或特殊類型橋梁，如斜張橋、 π 型橋或鋼拱橋等，每年應檢測一次。完橋工五年內之新建橋梁若無特殊情況，應自完工後之第五年進行第一次定期檢測。而後續之檢測頻率則依照前述規定辦理。	特別檢測：必要時。	無針對特殊性橋梁。僅橋梁修護材料章節。
公路鋼結構及補強規範 97年頒布	經常巡查：確保橋梁於常時維持良好狀態，以可能對造成影響之緊急維修為意，迅速補修之。其由主檢與副檢共同負責。	定期檢測：定期檢測之結果作為將來實施之檢修計畫之基礎。第一、二次定期檢測，除本規範外，亦應參考橋梁基本資料及現況資料，以了解橋梁使用狀況、損傷情形及潛在問題。經由定期檢測，配合橋籍資料之建立，即可進行橋梁綜合評估與結構安全評估。	特別檢測：針對臨時發生之災害或需及時檢查之損傷狀況進行檢查。所謂災害係指水災、地震、颱風、土石流等天然災害或恐怖攻擊等人為災害，重大損傷係指發生火災或碰撞等，而必要時則指發現破壞時。由特別檢測並無標準之型式，故可參考定期檢測之方式，選定其必要之檢測內容及方法。	經常巡查：經常巡查之檢查方法以乘車為原則，依目視及振動程度判斷，必要時，可以徒步或增加乘船或維修走道之目視檢查。	定期檢測：定期檢測乃定期對橋梁實施之全面檢查或檢查車方式進行，並儘可能地接近結構物，以目視或必要之檢測儀器檢測判定橋梁狀況。使用橋梁定期檢測表(DERU方式進行評估)。	特別檢測：特別檢測為橋址發生地震災害、土石流災害、水災、火災及其他重大事故後之災害後檢測。使用檢測狀況評估表，以DERU方式快速進行評估，並依判斷結果評估是否開放通行。	經常巡查：一般橋梁經常巡查之頻率不得少於一個月一次。 特殊橋梁得依其特性另訂檢測頻率。	定期檢測：定期檢測之頻率不得少於兩年一次，但經管理機關核准，不得超過四年。完工五年內之新建橋梁仍應辦理經常巡查，若無特殊狀況，得自完工後第五年進行第一次定期檢測，後續之檢測頻率則依前述規定辦理。 特殊橋梁得依其特性另訂檢測頻率。	特別檢測：特別檢測之檢測時機為重大事故或災害發生後。 特殊橋梁得依其特性另訂檢測頻率。	特殊性橋梁如斜張橋、 π 型橋、鋼拱橋、活動橋、時便橋等及跨度超過150公尺者，因其結構行為較為複雜或重要性不同，除依本規範所列之原則與重點進行檢測、評估與維修補強外，另需考慮其特性，採取適當之方法。
公路養護規範 101年頒布	養路巡查：依第二章養路巡查辦理經常巡查。	定期檢測：定期對橋梁所有構件實施全面檢測，並記錄之橋梁異狀、損傷。檢測重點在於掌握橋梁結構安全之劣化程度並評估對橋梁功能及其原因。	特別檢測：當災害或重大事故發生(如颱風、豪雨、土石流、地震、海嘯、火災或超高等)引起之災害後，為了解損傷程度及防止災害擴大而實施之不定期檢查。對其他檢測重點在於對其目的、探討是否造成橋梁功能損傷及是否需維修、補強及決定。	養路巡查：平時於日、夜間，以目力巡視，以及早發現異常狀況。	定期檢測：定期檢測係利用徒步或攀登方式或特殊機械車輛儘可能接近橋梁構造物，予以較詳盡之檢查，以鑑定橋梁構造物之安全情形。 特殊橋梁之檢測評估可由公路養護管理機關依橋梁之特殊性另訂之。	特別檢測：公路養護管理機關視事故、災害之嚴重狀況或巡查發現特殊異狀之情形，訂定檢測項目。 特殊橋梁之檢測評估可由公路養護管理機關依橋梁之特殊性另訂之。	養路巡查：巡查頻率應由各級公路養護管理機關按公路養護手冊規定。	定期檢測：完工五年內之新建橋梁若無特殊情況，應自完工後第六年進行第一次定期檢測，爾後定期檢測之時間以不超過兩年為原則。	特別檢測：於重大事故、災害發生後或巡查發現異常異狀及各級公路養護單位認為必要時辦理之。	無。僅橋梁結構養護章節針對橋梁上部結構養護一節，特殊及複合式橋梁之養護管理機關依橋梁之特殊性另訂之。其中鋼結構參照「公路橋梁檢測與補強規範」辦理。

檢測相關規定	檢測定義				檢測方式				檢測頻率				特殊性橋梁維修與補強方法
<p>公路養護規範 107年第一次修訂</p>	<p>養路巡查：依第二章養路巡查經常巡查。</p>	<p>定期檢測：為掌握橋梁健全程度及早期發現損傷或異常之原因，而定期進行之檢測。</p>	<p>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；或巡查查發現異常狀況及公路養護單位認有必要時而實施之檢測。</p>	<p>詳細檢測：橋梁於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時，以儀器或進行局部檢測等之檢測；或對跨河橋梁所在河道沖刷情形之檢測。</p>	<p>養路巡查：平時於日、夜巡視，以目力發現異常狀況。</p>	<p>定期檢測：一般性橋梁之定期檢測項目包括：上部結構、橋面系統、相關附屬設施及跨河橋梁位置之河道變遷情況。</p>	<p>特別檢測：公路養護管理單位視事故、災害之嚴重狀況或巡查查發現異常狀況，決定檢測項目。</p>	<p>詳細檢測：公路養護管理單位視實際需要，依檢測結果決定檢測項目。</p>	<p>養路巡查：應按公路養護管理單位之規定，由各級公路養護單位依其管轄範圍，定期巡查。</p>	<p>定期檢測：應於完工後，於第一、二次定期檢測間，以兩年為原則，視實際狀況調整，惟不得超過四年。</p>	<p>特別檢測：於重大事故、災害發生後，或巡查查發現異常狀況及公路養護單位認有必要時辦理之。</p>	<p>詳細檢測：橋梁於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時進行之。</p>	<p>無。僅橋梁結構對內、外部結構，由養護單位依其管轄範圍，定期巡查。其鋼結構參照「公路橋梁檢測與補強」辦理。</p>
<p>公路橋梁檢測及補強規範 107年頒布</p>	<p>定期檢測：為掌握橋梁健全程度及早期發現損傷或異常之原因，而定期進行之檢測。</p>	<p>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；或巡查查發現異常狀況及公路養護單位認有必要時而實施之檢測。</p>	<p>詳細檢測：橋梁於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時，以儀器或進行局部檢測等之檢測；或對跨河橋梁所在河道沖刷情形之檢測。</p>	<p>定期檢測：一般性橋梁之定期檢測項目包括：上部結構、橋面系統、相關附屬設施及跨河橋梁位置之河道變遷情況。</p>	<p>特別檢測：公路養護管理單位視事故、災害之嚴重狀況或巡查查發現異常狀況，決定檢測項目。</p>	<p>詳細檢測：公路養護管理單位視實際需要，依檢測結果決定檢測項目。</p>	<p>定期檢測：應於完工後，於第一、二次定期檢測間，以兩年為原則，視實際狀況調整，惟不得超過四年。</p>	<p>特別檢測：於重大事故、災害發生後，或巡查查發現異常狀況及公路養護單位認有必要時辦理之。</p>	<p>詳細檢測：橋梁於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時進行之。</p>	<p>特別檢測：於重大事故、災害發生後，或巡查查發現異常狀況及公路養護單位認有必要時辦理之。</p>	<p>詳細檢測：橋梁於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時進行之。</p>	<p>特殊性橋梁如斜張橋、拱橋、鋼梁橋、預力混凝土梁橋（如波腹板複合梁橋）等，本規範如有適用之處，可依本原則進行檢測、評估與維修補強。</p>	

1.12.2.3 車輛載重相關規範

公路橋梁設計規範

依據民國 76 年交通部頒「公路橋梁設計規範」，與車輛載重相關之規範規定於第二章載重，摘錄重點如下：

2.5 公路載重

A. 通則

在橋面或其他臨時結構上之公路活載重應為「標準貨車」或相當於貨車行列之「車道載重」。載重之種類有二，即 $H(M)$ 載重與 $HS(MS)$ 載重； $HS(MS)$ 載重較相當級之 $H(M)$ 載重為大。

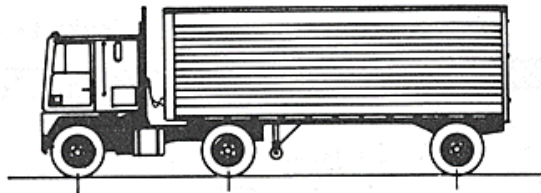
...

C. $HS(MS)$ 載重

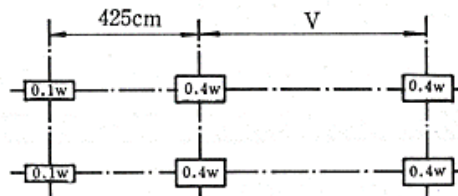
$HS(MS)$ 載重如圖 2.5.B 及圖 2.5.C 所示，為一曳引車後附掛一輛拖車，或相當之車道載重。 $HS(MS)$ 載重以 $HS(MS)$ 表示之，其後附一個數字，該數字即為曳引車總重之噸數。曳引車與拖車間之軸距可以變動，俾能與實際所用之曳引拖車相符。此種可變動之間隔，能使連續結構獲得更適當之載重，因兩個重軸之載重可放於相鄰兩孔，以產生最大負力矩。

公路橋梁之貨車載重

HS20-44(MS18)
HS15-44(MS13.5)

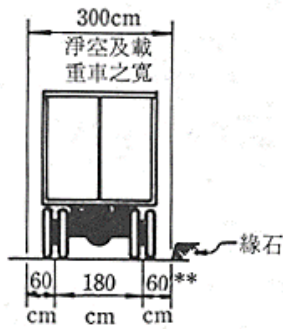


HS20-44(MS18)	3,650kg(36kN)	14,600kg(144kN)*	14,600kg(144kN)**
HS15-44(MS13.5)	2,750kg(27kN)	11,000kg(108kN)	11,000kg(108kN)



W：前兩軸之總重同 H(M) 貨車

V：距離可自4.25公尺變至9.15公尺以採能產生最大應力之距離



* 以 H20(M18) 或 HS20(MS18) 貨車設計木板及鋼床板橋面時不含橫樑採用 11000kg(108kN) 之單軸載重或用每個軸重 7300kg(72kN) 之雙軸載重相距 1.20 公尺，視何者能產生較大之應力而定，不用圖上所註之 14600kg(144kN) 軸重。

** 設計橋面版時，輪之中心線應假定距緣石面30公分。

圖 2.5 C 標準 HS(MS) 貨車

公路橋梁之車道載重



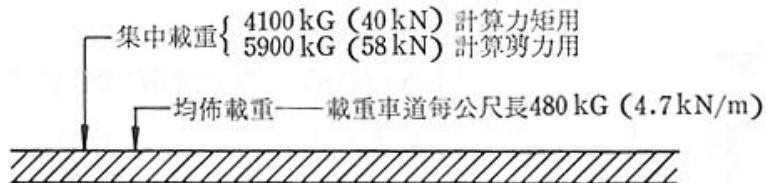
H20-44(M18) 載重

HS20-44(MS18) 載重



H15-44(M13.5) 載重

HS15-44(MS13.5) 載重



H10-44(M9) 載重

設計連續梁時，車道載重除包括上圖之載重外，應於相鄰或其他一孔設置相同集中載重以產生最大負力矩。

圖 2.5B *H(M)* 車道及 *HS(MS)* 車道載重

2.7 標準貨車與車道載重

標準H(M)與HS(MS)貨車之輪距、重量分佈及所需淨空如圖2.5A及2.5C所示，與其相當之車道載重如圖2.5B所示。

每一車道載重，應包括每公尺車道長之均佈載重及一個集中載重（用於連續梁時則為兩個集中載重—見2.8C），其在跨徑上之位置應能產生最大應力者。集中載重與均佈載重應假定平均分佈於與車道中心線垂直之3.0m寬度內。

計算彎矩與剪力時，應使用不同之集中載重，如圖 2.5B 所示。其較輕之集中載重用於計算以彎曲應力為主之應力，較重者用於計算以剪應力為主之應力。

2.8 載重之應用

...

D. 最大應力之載重

不論其為車道載重抑或貨車載重，不論用於簡支或連續跨徑，所用載重應為能產生最大應力者。附錄 1-4²⁰之力矩及剪力表係說明簡支跨徑在何種載重下能產生最大之應力。HS(MS)貨車車輛之軸距，應於規定之範圍內變動，以產生最大應力。

道路交通安全規則

依據道路交通安全規則第 38 條，經車輛型式安全審驗之汽車，其車輛之總重或總聯結重量之限制，應符合道路交通安全規則附件十一²¹（詳附錄 4）之規定。

1.12.2.4 道路鋪面改善工程規範

公共工程委員會所制定之公共工程施工綱要規範中，有關 AC 鋪面之

²⁰ HS20-44 (MS18) 載重、彎矩、剪力及反力列表，詳附錄 3。

²¹ 車輛總重量及總聯結重量限制規定。

規範包含第 02742 章(瀝青混凝土鋪面)、第 02745 章(瀝青透層)、第 02747 章(瀝青黏層)以及第 02961 章(瀝青混凝土面層刨除)等，其中第 02742 章 3.3.8 節規定鋪築厚度不得少於設計厚度 95%。

另第 02742 章中列舉多項與 AC 鋪面相關之中華民國國家標準 (National Standards of the Republic of China, CNS)，其中與 AC 鋪面厚度及壓實度有關之準則為 CNS 8755 及 CNS 12390，CNS 8755 中之 AC 鋪面厚度要求為「契約圖說之規定厚度以上」。

檢視蘇澳港營運處於民國 106 年 11 月 9 日所簽訂之南方澳大橋銜接引道段既有道面鋪面及伸縮縫改善工程契約內容，契約規定全線 AC 路面刨除 5 公分並重新鋪設 5 公分，設計書圖顯示 AC 鋪面厚度及壓實度所依循之檢驗規範為 CNS 8755 A3147 及 CNS 12390 A3288，並參考公共工程委員會公共工程施工綱要規範第 02742 章、第 02745 章以及第 02747 章規範施工。

1.12.3 橋梁資料之保存

1.12.3.1 南方澳大橋橋梁紀錄

橋梁紀錄是橋梁維護、檢測之基本資料，依據「公路橋梁檢測及補強規範」，橋梁紀錄儘可能包含以下項目：(1) 橋梁基本資料.....，包含橋梁結構計算書、設計圖說及竣工圖說。(2) 檢測紀錄先前之檢測紀錄，記載橋梁過去之構件劣化情形，可供研判那些構件須特別注意檢測，以及該構件劣化之演變情形。(3) 地質與水文資料。

本事故調查過程中，調查小組陸續向南方澳大橋工程建造單位宜蘭縣政府、財產主管機關交通部航港局、橋梁維護單位港務公司、設計監造單位亞新、施工檢測單位中國非破壞檢驗有限公司等索取橋梁規劃、興建、施工、監造、檢測、驗收等文件資料。然而，因時間久遠文件保存單位已將文件銷毀，或是因火災等因素滅失，最主要之文件包括橋梁結構計算書、施工計劃書、工地焊接施工說明書、材料測試文件、材料進口報關審驗文

件等已無法取得。

1.13 訪談資料

調查小組於事故後與亞新、中國非破壞檢測公司、宜蘭縣政府及公路總局等相關人員進行訪談，訪談摘要詳附件 8。

1.14 橋梁歷程

南方澳大橋自設計施工至倒塌之歷程如表 1.14-1 所示。

表 1.14-1 南方澳大橋橋梁歷程

日期	事項	類別	備註
民國 83 年 8 月 26 日	基隆港務局召開拱橋興建協調會	規劃	會議結論： （一）由漁業局規劃，規劃經費在 1 千萬以下，希基港局 10 日內循程序報處申請交通建設基金墊款或動用預備金支應。 （二）橋梁位置需徵得各機關同意。 （三）本案使用港務局土地，仍應依照法令辦理（原則朝無償撥用方式辦理）。 （四）橋梁建設費由交通建設基金支付。 （五）本案工程由宜蘭縣政府負責。
民國 84 年 1 月 3 日	宜蘭縣政府與亞新簽訂工程規劃及設計契約；合約規定於 75 日內提出工程規劃報告	設計	

日期	事項	類別	備註
民國 84 年 7 月	宜蘭縣政府提出興建工程規劃及初步設計報告	設計	
民國 84 年 8 月	亞新提出工程施工說明（此施工說明出現於營造合約中）	設計	
民國 85 年 1 月 22 日	宜蘭縣政府與立永簽訂營造合約（內含宜蘭縣政府施工規範、亞新工程施工說明）	營造	
民國 85 年 1 月 27 日	南方澳大橋營造工程開工	營造	
民國 85 年 3 月	宜蘭縣政府與亞新簽訂工程監造契約	監造	
民國 87 年 4 月 22 日	宜蘭縣政府辦理安全監測系統委辦案	營造	1.監控風速 2.監控地震強度
民國 87 年 7 月 23 日	南方澳大橋營造工程竣工	營造	
民國 87 年 9 月 14 日	宜蘭縣政府辦理初驗	營造	
民國 87 年 11 月 20 日	宜蘭縣政府辦理第一次複驗	營造	
民國 87 年 11 月 26 日	宜蘭縣政府辦理第二次複驗	營造	

日期	事項	類別	備註
民國 87 年 11 月 27 日	宜蘭縣政府完成復驗	營造	
民國 87 年 12 月 15 日	宜蘭縣政府通知基隆港務局完成驗收，移交並請善加管養	營造	檢送工程結算驗收證明書、工程竣工驗決算書圖表
民國 89 年 12 月	臺灣地區橋梁管理系統上線	維護	建置依據：公路修建養護管理規則第 10 條
民國 90 年 3 月 2 日	宜蘭縣政府辦理「宜蘭縣各鄉鎮市轄內橋梁基本資料普查及目視安全檢測作業」-萬鼎執行	維護	檢測員意見： 此橋為斜張橋與箱型橋合併之。
民國 90 年 4 月 12 日	南方澳大橋於臺灣地區橋梁管理系統建檔	維護	
民國 91 年 5 月 7 日	立永營造解散	營造	
民國 92 年 11 月 19 日	宜蘭縣政府辦理保固期滿現場勘查作業	營造	會勘結論： 1. 承包商已倒閉未派員。 2. 列出維修項目（主橋局部除鏽補漆、引橋伸縮縫更換、投射燈具、人行步道局部剝落修復等）通知承商若無異議時由縣府用保固金選商辦理維修事宜。
民國 92 年 12 月 16 日	宜蘭縣政府發函亞新（保固連帶保證廠商）進行現場勘查作業	營造	會勘結論（亞新）： 1. 建請宜蘭縣政府動用保固金另行發包辦理保固缺失改善。 2. 宜蘭縣政府請亞新協助

日期	事項	類別	備註
			準備發包文件。 會勘結論（宜蘭縣政府）： 1.動用保固金辦理修復。 2.請亞新於93年1月底前編列修復預算書。
民國93年1月20日	亞新提供宜蘭縣政府保固期滿維修工程預算書	營造	預算書含預算總表、預算詳細表、單價分析表、施工補充說明。
民國93年2月18日	南方澳大橋營造工程保固期滿維修工程設計及監造工作案-亞新得標	營造	
民國93年3月9日	亞新提供宜蘭縣政府保固期滿維修工程設計圖及預算書	營造	1.設計圖參照原竣工圖。 2.預算書含預算總表、預算詳細表、單價分析表、施工補充說明。
民國93年6月4日	南方澳大橋營造工程保固期滿維修工程案-正義土木包工業得標	營造	
民國93年10月12日	宜蘭縣政府辦理保固期滿維修工程案驗收	營造	
民國96年8月23日	宜蘭縣政府辦理「宜蘭縣各鄉鎮市轄內橋梁基本資料普查及目視安全檢測作業」-亞新執行	維護	檢測員意見： 整體橋梁所有多處須做維修處理，但是並無立即性之危險性，僅需做例行性維護即可。

日期	事項	類別	備註
民國 98 年 3 月 19 日	基隆港務局進行繫梁鋼板安全評估	維護	會勘結論：繫梁部分鋼板接縫未焊接狀況，現場勘查係按原設計圖標示施作，無須焊接。
民國 98 年 5 月 19 日	基隆港務局辦理油漆工程	維護	完工日期民國 98 年 11 月 9 日。 本橋於竣工移交時，宜蘭縣政府並未提送維護管理手冊或特殊橋梁之檢測頻率及規範，前蘇澳港分局及蘇澳港營運處係依據設計單位（亞新工程顧問公司）之規劃報告養護原則（自完工後第三年（90 年）起，橋梁結構部分，按評估期間之第九（99 年）、十四（104 年）、十九（109 年）年等分別編列表面塗裝之養護費用），進行「橋梁鋼結構部分」之表面塗裝維修，分別於 98 年辦理南方澳大橋油漆工程計 297 萬元及 99 年辦理南方澳大橋油漆工程（二期）計 94 萬元 9 千元，針對大橋鋼板進行油漆防鏽工程，另該規劃報告並無特別要求辦理相關之檢測工作
民國 98 年 6 月 16 日	宜蘭縣政府辦理「宜蘭縣各鄉鎮市轄內橋梁基本資料普查及目視安全檢測作業」- 亞新執行	維護	檢測員意見： 橋梁狀況尚可，據悉橋梁已發包油漆，鋼梁鏽蝕部分應可改善。

日期	事項	類別	備註
民國 98 年 10 月 21 日	基隆港務局辦理油漆工程（二期）	維護	完工日期民國 99 年 3 月 31 日
民國 99 年 11 月 30 日	宜蘭縣政府辦理「宜蘭縣各鄉鎮市轄內橋梁基本資料普查及目視安全檢測作業」- 易鼎執行	維護	檢測員意見： 各構件缺失均屬輕微，可在一般管理中維護即可。
民國 101 年 3 月	交通部頒布公路養護規範	設計	
民國 101 年 3 月 1 日	航港局與港務公司簽訂「國際商港區域內公共基礎設施興建維護委託辦理契約書」	使用	
民國 101 年 3 月 4 日	宜蘭縣政府辦理「宜蘭縣各鄉鎮市轄內橋梁基本資料普查及目視安全檢測作業」- 四海執行	維護	檢測員意見： 此橋有多處缺失，大部分範圍小且輕微損壞，尚不影響橋梁結構穩定，唯須注意遠端擋土設施因地形關係，出現大範圍混凝土破損情況，建議可協同相關治理單位討論改善修護方法。
民國 103 年 1 月 1 日	航港局無償提供蘇澳港土地給港務公司使用	使用	民國 103 年 1 月 1 日至民國 121 年 12 月 31 日，共計 19 年。
民國 103 年 8 月 3 日	宜蘭縣政府辦理「宜蘭縣各鄉鎮市轄內橋梁基本資料普查及目視	維護	檢測員意見： A1 引道路堤右側龜裂、A1 橋台蜂窩、P1 橋墩鋼筋裸露、S02G01 右側鋼

日期	事項	類別	備註
	安全檢測作業」- 健行科大執行		筋裸露、P2 保護層不足鋼筋裸露、P3 頂板鋼筋外露、P6 橋墩墩柱蜂窩、P6 帽梁鋼筋裸露、P6 橋墩墩柱鋼筋裸露、支承墊下方混凝土塊破損、S07 左側人行道 AC 龜裂、P8 橋墩鋼筋裸露混凝土龜裂、橋尾引道左側植物植生，應予以維修以策用路人安全。
民國 105 年 4 月 28 日	宜蘭縣政府辦理「宜蘭縣各鄉鎮市轄內橋梁基本資料普查極目視安全檢測作業」-健行科大執行	維護	檢測員意見： 1.排水孔多處阻塞，建議先行清理。2.護欄與路燈銹蝕多處，建議除銹後重新上漆。3.P6 與 P7 樓梯底部多處破損鋼筋外露銹蝕，建議先行修復。A1、P3 與 A2 伸縮縫皆為老式壓縮式填縫，已有明顯變形損壞與沉陷，行車經過時感覺高低落差造成不適感，建議更新耐用度較佳之伸縮縫。
民國 105 年 10 月 12 日	基隆港務分公司辦理堤防改善工程-10 噸 200 塊消波塊	使用	消波塊吊放自民國 105 年 10 月 12 日至民國 105 年 10 月 15 日
民國 105 年 10 月 14 日	蘇澳鎮公所函請基隆港務分公司辦理橋梁維護改善事宜	維護	依據宜蘭縣政府「105 年度宜蘭縣橋梁檢測及鄉道橋梁巡查作業委託服務」案期中成果報告書
民國 105 年 10 月 20 日	基隆港務分公司函復蘇澳鎮公所視經費情形列入年度預算辦理維	維護	建議維修工項包含：混凝土修復、清淤除草、鋼筋除鏽、落水管修復、角鋼

日期	事項	類別	備註
	護		伸縮縫更換等。
民國 105 年 11 月 7 日	運研所「臺灣地區橋梁管理資訊系統」之管理機關由宜蘭縣政府改為臺灣港務股份有限公司	維護	
民國 106 年 8 月 2 日	基隆港務分公司辦理潛堤設施工程-10 噸 464 個消波塊	使用	消波塊吊放： 民國 106 年 8 月 2 日至民國 106 年 8 月 4 日-310 塊 民國 106 年 8 月 7 日-72 塊 民國 106 年 10 月 3 日-82 塊
民國 106 年 11 月 10 日	基隆港務分公司辦理堤防災損修復工程-40 噸 345 塊消波塊	使用	消波塊吊放： 民國 106 年 11 月 10 日至民國 107 年 11 月 5 日
民國 106 年 11 月 20 日	基隆港務分公司辦理橋面與銜接引道道路鋪面改善工程-開工	維護	刨 5 公分鋪 5 公分
民國 107 年 1 月 18 日	基隆港務分公司辦理橋面與銜接引道道路鋪面改善工程-竣工	維護	
民國 107 年 9 月 13 日	基隆港務分公司與宜蘭縣政府簽訂土方暫置協議書	使用	
民國 108 年 7 月 2 日	基隆港務分公司	使用	1 消波塊吊放：721 塊

日期	事項	類別	備註
	辦理堤防災損修復工程-10/20 噸 1,724 塊消波塊		民國 108 年 7 月 2 日至民國 108 年 9 月 12 日 2 消波塊吊放：1,003 塊 民國 108 年 10 月 12 日至 民國 108 年 10 月 15 日
民國 108 年 10 月 1 日	南方澳大橋倒塌	使用	
民國 108 年 12 月	交通部研擬修改 公路橋梁檢測及 補強規範	設計	

附錄 1 橋面勘查紀錄

南方澳大橋鋼箱梁 現場勘察報告

委託單位：國家運輸安全調查委員會

執行單位：臺大嚴慶齡工業研究中心

計畫主持人：臺灣大學土木工程系

參與人員：臺灣大學土木工程系研究生

2020 年 3 月 31 日

第 1 章 南方澳大橋鋼箱梁現場勘察簡介

2019 年 10 月 1 日上午 9 時 30 分，位於臺灣宜蘭縣蘇澳鎮南方澳的南方澳大橋發生橋梁斷裂事故，斷裂橋體坍塌造成多名人員傷亡及船隻、車輛損壞。本團隊受國家運輸安全調查委員會委託，由臺灣大學土木工程系 [REDACTED] 教授帶領博士生一名 ([REDACTED])、碩士生兩名 ([REDACTED])，進行現場勘察及資料蒐集。

本團隊負責橋鋼箱梁之勘察，根據記錄橋樑斷裂過程的影片可得知主要斷裂面在橋鋼箱梁中央位置，因此本團隊針對破裂面 (C3-2 節塊與 C4 節塊連接斷面) 進行完整的記錄，同時也另記錄兩個被裁切斷面 (C6 節塊與 C7 節塊連接斷面、C9-1 與 C9-2 節塊連接斷面)，並根據現場勘察鋼箱梁的受損情形規劃檢測計畫，包含拉力試驗與 3 點荷載疲勞試驗之試體可能的位置及實驗方式。

1.1 勘察紀錄

本團隊於 2019 年 11 月 29 日、12 月 4 日及 12 月 25 日，分三次前往宜蘭南方澳大橋現場進行拍照、量測與記錄破裂面處破壞細節，以下簡述勘察記錄之過程。

11 月 29 日本團隊首次前往宜蘭進行現地勘察，損壞之南方澳大橋橋身已於事故發生後拆除完成，分成不同節塊置於岸上，節塊斷面如圖 1.1 所示，鋼箱梁以 U 型加勁板來加勁橋板，型式與美國新舊金山奧克蘭海灣大橋相似[1]，這次主要現場勘察重點集中在破裂面以及裁切面的數據蒐集，同時也將斷面進行編號以利進行討論。測量方法是以游標卡尺及厚度計量測 U 型加勁板與鋼箱梁鋼板厚度，因為破裂面已非直線，故拉尼龍繩量測距離並記錄其位置，同時也量測焰切斷面的數據進行比較。

12 月 4 日本團隊進行第二次現地勘察，除了完成斷面的數據蒐集，這一次主要的現場勘察重點在於觀察各節塊 U 型加勁板銲接情況，加勁板銲接情況可分為現地銲接接頭及工廠銲接接頭，由於兩種銲接型式可能造成銲接接頭強度的差異，且現地銲接接頭方式與竣工圖不同，故此勘察也在不同鋼箱節塊中尋找

完整的 U 型加勁板及橋板，標記做為未來試體實驗的依據。

12 月 25 日本團隊進行第三次現地勘察，本次勘察重點集中在實驗試體的確認，針對現地銲接接頭、工廠銲接接頭與完整鋼橋母材等三種不同型式的試體種類，選擇適合進行拉力試驗與 3 點荷載疲勞試驗之橋板與 U 型加勁板的試體，確認各試體的外觀形狀是否符合試驗需求，並量測與標定出各試體的長度及寬度，此外也規劃可進行鋼板拉伸試驗之試片(CNS 2112, 2005 [2])，以及將破裂面以及完整面之數據與照片進行完整紀錄。

1.2 節塊編號

由於損壞鋼箱橋身已拆除並分成不同節塊置於岸上，如照片 1.1 所示，在現地勘察時現場各不同節塊已有編碼，編號順序與相對位置及方位如圖 1.2 所示，由西側至東側分別為 C1-1、C1-2、C2-1、C2-2、C3-1、C3-2、C4、C5、C6、C7、C8、C9-1、C9-2 等共 13 個編號，本團隊以此編號作為基礎，將每一個節塊的兩個斷面命名為 A 斷面與 B 斷面，A 斷面為節塊東側斷面、B 斷面為節塊西側斷面（如圖 1.2）。將斷面上的 U 型加勁板分為頂部（T）、底部（B）與垂直（V）三種，編號方式由南側開始起算，各 U 型加勁板分別以 T1~T23、B1~B11、V1~V4 來表示（如圖 1.3、圖 1.4）。

1.3 報告內容

本報告第 1 章簡介南方澳大橋鋼箱梁現場勘察之過程；第 2 章整理破裂斷面（C3-2 節塊與 C4 節塊連接斷面）以及完整斷面（C6 節塊與 C7 節塊連接斷面、C9-1 與 C9-2 節塊連接斷面）其 U 型加勁板及橋板的各項量測數據；第 3 章規劃試驗的檢測計畫，為瞭解各處不同銲接型式的 U 型加勁板強度與母材強度，本團隊規劃多組不同銲接形式、不同位置的試體，選取足夠數量的構件進行拉力試驗以及 3 點荷載疲勞試驗；第 4 章結論與建議。

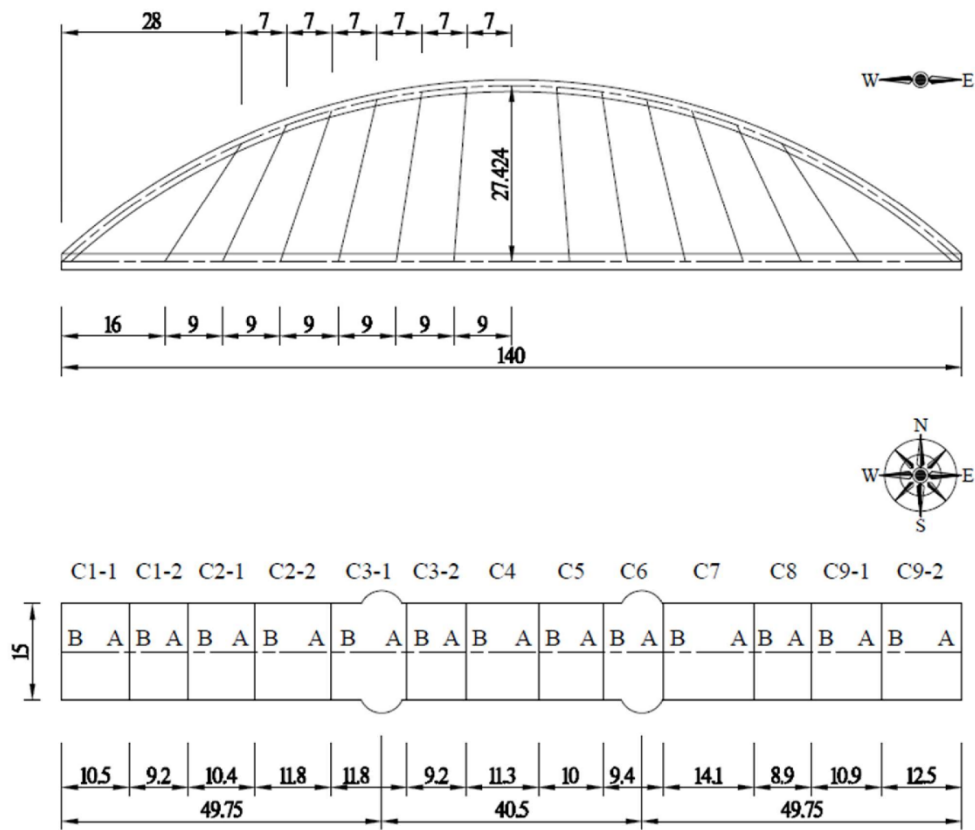


圖 1.2 橋梁立面圖、平面圖與節塊編號

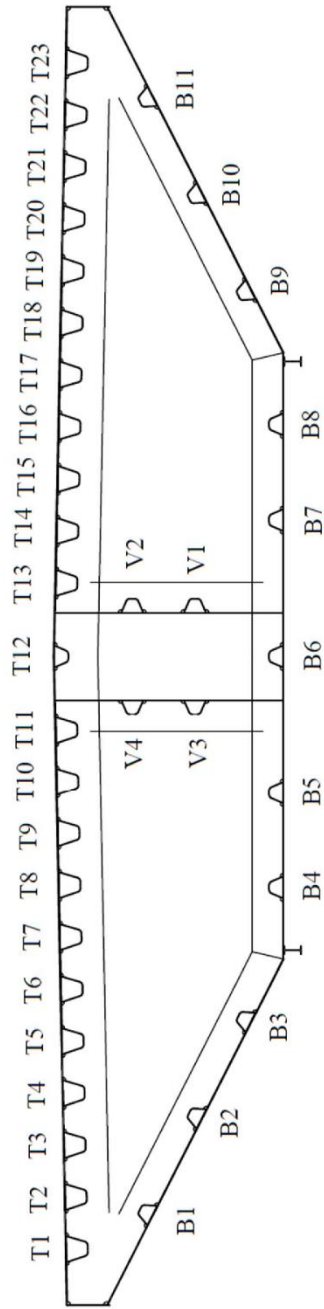


圖 1.3 断面 A

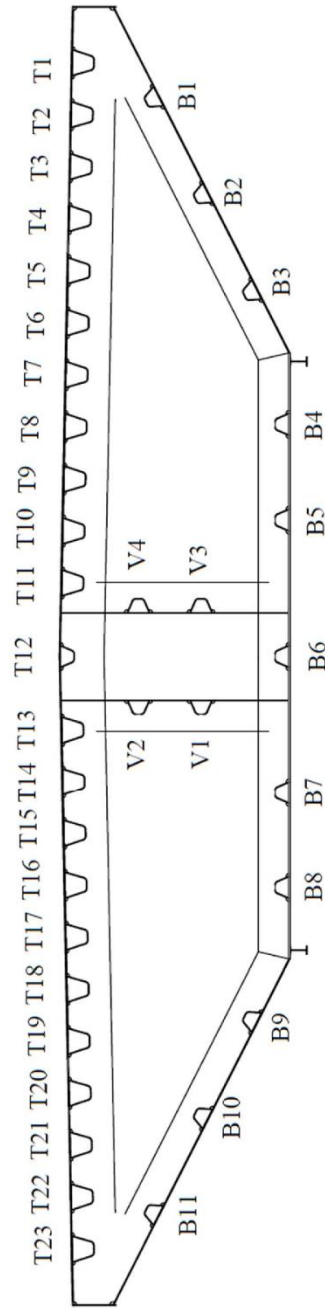


圖 1.4 断面 B



(a) C1-1 節塊南側



(b) C1-2 節塊南側



(c) C2-1 節塊南側



(d) C2-2 節塊南側



(e) C3-1 節塊南側



(f) C3-2 節塊南側



(g) C4 節塊南側



(h) C5 節塊南側

照片 1.1 現場各節塊與其編號



(i) C6 節塊南側



(j) C7 節塊南側



(k) C8 節塊南側



(l) C9-1 節塊南側



(m) C9-2 節塊南側

照片 1.1 現場各節塊與其編號(續 1)

第 2 章 南方澳大橋鋼箱梁現場勘察結果

南方澳大橋鋼主梁斷面如圖 1.1 所示，鋼箱梁上橋板與下橋板厚度皆為 12 mm，側邊底部鋼板厚度為 10 mm，中央兩片腹板厚度為 10 mm，上橋板下方共有 23 組 U 型加勁板，下橋板及側邊鋼板上方則為 11 組 U 型加勁板，腹板處有 4 組 U 型加勁板。現場勘察共取三個斷面進行量測，分別為(1) C3-2 節塊連接 C4 節塊之斷面，本斷面為南方澳大橋鋼箱梁破壞之斷面，詳細紀錄斷面上鋼板的厚度變化及破壞型式，(2) C6 節塊連接 C7 節塊之斷面與(3) C9-1 節塊連接 C9-2 節塊之斷面，此兩斷面為取得軸力試驗試體與三點彎曲試驗試體之主要斷面，因此亦詳加紀錄。

現場勘察情形如照片 2.1 所示，量測過程如照片 2.2 所示，三個斷面都進行上橋板、下橋板、側邊鋼板、腹板與 U 型加勁板的厚度量測，鋼箱梁斷面上橋板、下橋板與側邊鋼板的厚度變化量測方式為，於 U 型加勁板下方及 U 型加勁板間各取一點，量測鋼板的厚度並記錄其位置。U 型加勁板之厚度量測方式為，於 U 型加勁板兩側及 U 型底部可進行量測之位置取點進行量測，其編號位置如圖 2.1 所示，此外針對 C3-2 節塊連接 C4 節塊之斷面，因其為鋼箱梁破壞之斷面，下橋板的鋼板破壞型式、破壞形狀與長度也進行量測並紀錄。

2.1 破裂斷面量測紀錄

C3-2 節塊與 C4 節塊連接處之斷面為南方澳大橋鋼箱梁破壞之斷面，此斷面共有兩側，C3-2 節塊接 C4 節塊側斷面(C3-2A 斷面，照片 2.3)及 C4 節塊接 C3-2 節塊側斷面(C4B 斷面，照片 2.4)，此斷面位於鋼箱梁施工時節塊續接之位置。加勁板編號方式如圖 1.3 與圖 1.4 所示，為 A 斷面上方 U 型加勁板編號為 AT1~AT23，下方 U 型加勁板編號為 AB1~AB11，B 斷面上方 U 型加勁板編號為 BT1~BT23，下方 U 型加勁板編號為 BB1~BB11，垂直向 U 型加勁板編號為 AV1~AV4 及 BV1~BV4。U 型加勁板間鋼箱梁下橋板厚度之量測位置如圖 2.2 與圖 2.3 所示，厚度量測結果列於表 2.1 與表 2.2，量測位置可參考圖 2.2 及圖 2.3

所示，以下概述各 U 型加勁板與梁翼板之厚度紀錄過程。

2.1.1 鋼箱梁斷面下方之 U 型加勁板(AB1~AB11、BB1~BB11)與橋板厚度

以下敘述各加勁板與橋板觀察記錄情形：

■ AB1 與 BB1

AB1 與 BB1 斷面如照片 2.5(a)與照片 2.5(b)所示，A 側與 B 側下方鋼板厚度分別為 8.9 mm 及 9.4 mm，U 型加勁板厚度為 8.9 mm。

■ AB2 與 BB2

AB2 與 BB2 斷面如照片 2.5(c)與照片 2.5(d)所示，A 側與 B 側下方鋼板厚度分別為 9.0 mm 及 10.3 mm，U 型加勁板厚度 9.7 mm(包含鐸道)。鐸道無背墊板。

■ AB3 與 BB3

AB3 與 BB3 斷面如照片 2.5(e)與照片 2.5(f)所示，A 側因有端板下方鋼板厚度無法量測，端板旁鋼板厚度為 9.4 mm，B 側下方鋼板厚度 9.9 mm，U 型加勁板厚度 8.8 mm。A 側 U 型加勁板與端板間有明顯縫隙，且鐸道無背墊板。

■ AB4 與 BB4

AB4 與 BB4 斷面如照片 2.5(g)與照片 2.5(h)所示，A 側下方鋼板厚度為 10.7 mm，U 型加勁板厚度為 9.1 mm(包含鐸道)。B 側緊貼地面因此無法量測。

■ AB5 與 BB5

AB5 與 BB5 斷面如照片 2.5(i)與照片 2.5(j)所示，A 側下方鋼板厚度為 10.8 mm，U 型加勁板厚度為 9.2 mm(包含鐸道)。B 側 U 型加勁板旁鋼板厚度為 11.4 mm。

■ AB6 與 BB6

AB6 斷面如照片 2.5(k)所示，此 U 型加勁板斷裂後僅在 A 側有加勁板，B 側無 U 型加勁板，量測加勁板底部無鐸道處鋼板厚度為 8.4 mm。照片 2.5(l)顯示 AB6 加勁板之內部鐸接，於 U 型加勁板與端板間有明顯縫隙。

■ AB7 與 BB7

AB7 與 BB7 斷面如照片 2.5(m)與照片 2.5(n)所示，A 側下方鋼板厚度為 12

mm，U 型加勁板厚度為 8.5 mm，B 側有端板無法量測 U 型加勁板厚度。

■ AB8 與 BB8

AB8 與 BB8 斷面如照片 2.5(o)與照片 2.5(p)所示，A 側有端板無法量測，B 側下方鋼板厚度為 11.4 mm，U 型加勁板厚度為 9.3 mm。

■ AB9 與 BB9

AB9 與 BB9 斷面如照片 2.5(q)與照片 2.5(r)所示，A 側有端板無法量測，B 側下方鋼板厚度為 9.6 mm，U 型加勁板厚度為 9.9 mm。

■ AB10 與 BB10

AB10 與 BB10 斷面如照片 2.5(s)與照片 2.5(t)所示，A 側下方鋼板厚度為 9.1 mm，U 型加勁板厚度為 8.5 mm，U 型加勁板與下方鋼板間有明顯空隙(照片 2.5(u)與照片 2.5(v))，左側空隙為 6.6 mm，右側空隙為 7.35 mm。B 側有端板無法量測。

■ AB11 與 BB11

AB11 與 BB11 斷面如照片 2.5(w)與照片 2.5(x)所示，A 側下方鋼板厚度為 9.2 mm，U 型加勁板厚度為 8.4 mm，U 型加勁板與下方鋼板間有明顯空隙(照片 2.5(y)與照片 2.5(z))，左側空隙為 4.7 mm，右側空隙為 6.5 mm。

2.1.2 鋼箱梁斷面腹板之 U 型加勁板(AV1~AV4、BV1~BV4)與腹板厚度

編號 AV1~AV4 與 BV1~BV4 之 U 型加勁板如照片 2.6(a)與照片 2.6(b)所示，位於鋼箱梁腹板上。

■ AV1、BV1、AV2、BV2

AV1、BV1、AV2、BV2 之側面圖如照片 2.6(c)與照片 2.6(d)所示，這兩組 U 型加勁板都自銲道續接處斷裂，AV1 與 BV1 下方鋼箱梁腹板厚度分別為 9.4 mm 及 9 mm，AV1 之 U 型加勁板厚度為 8.8 mm，AV2 與 BV2 之 U 型加勁板厚度分別為 9.2 mm 與 9.4 mm。量測 U 型加勁板斷裂處 U 型加勁板及分離之鋼梁腹板長度，BV1 處鋼梁腹板長度為 36 cm(照片 2.6(g))，AV1 之 U 型加勁板長度為 33 cm(照片 2.6(h))，推算此處鋼梁腹板伸長率為 9%，BV2 處鋼梁腹板長度為 27

cm(照片 2.6(i))，AV1 之 U 型加勁板長度為 23 cm(照片 2.6(j))，推算此處鋼梁腹板伸長率為 17%。AV1 與 BV1 處鋼梁腹板呈現斜斷面之破壞(照片 2.6(k)與照片 2.6(l))。

■ AV3、BV3、AV4、BV4

AV3、BV3、AV4、BV4 之側面圖如照片 2.6(e)與照片 2.6(f)所示，BV3 下方鋼箱梁腹板厚度為 9.5 mm，AV3 與 AV4 之 U 型加勁板厚度無法量測，BV3 與 BV4 之 U 型加勁板厚度分別為 8.9 mm 與 9.0 mm。

2.1.3 鋼箱梁斷面上方之 U 型加勁板(AT1~AT23、BT1~BT23)與橋板厚度

斷面上方 U 型加勁板與橋板破壞嚴重，許多 U 型加勁板無法進行量測，而橋板皆因變形無法量測，記錄到的資訊如下所列：

■ AT1~AT3 與 BT1~BT3

AT1~AT3 與 BT1~BT3 如照片 2.7(a)與照片 2.7(b)所示，B 側編號 BT2 之 U 型加勁板厚度為 8.8 mm，A 側編號 AT3 之 U 型加勁板厚度為 9.1 mm，其餘因變形無法量測。

■ AT4~AT6 與 BT4~BT6

AT4~AT6 與 BT4~BT6 如照片 2.7(c)與照片 2.7(d)所示，A 側編號 AT4 之 U 型加勁板厚度為 8.7 mm，其餘因變形無法量測。

■ AT7~AT9 與 BT7~BT9

AT7~AT9 與 BT7~BT9 如照片 2.7(e)與照片 2.7(f)所示，兩側的 U 型加勁板皆因變形而無法量測。

■ AT10~AT11 與 BT10~BT11

AT10~AT11 與 BT10~BT11 如照片 2.7(g)與照片 2.7(h)所示，B 側編號 BT10 之 U 型加勁板厚度為 8.7 mm，A 側編號 AT11 之 U 型加勁板厚度為 9.1 mm。

■ AT12 與 BT12

AT12 與 BT12 如照片 2.6(a)與照片 2.6(b)所示，此 U 型加勁板之尺寸比其他上端 U 型加勁板小，A 側因變形無法量測，B 側有端板而無法量測。

■ AT13~AT15 與 BT13~BT15

AT13~AT15 與 BT13~BT15 如照片 2.7(i)與照片 2.7(j)所示，A 側編號 AT13 之 U 型加勁板厚度為 9.6 mm，B 側編號 BT14 之 U 型加勁板厚度為 8.9 mm，編號 BT15 之 U 型加勁板厚度為 9.0 mm。編號 T14 之 U 型加勁板同時於 A、B 兩側斷裂掉落於地面(照片 2.7(k))。

■ AT16~AT18 與 BT16~BT18

AT16~AT18 與 BT16~BT18 如照片 2.7(m)與照片 2.7(n)所示，B 側 U 型加勁板 BT18 之厚度為 8.8 mm，其餘因變形無法量測。編號 T18 之 U 型加勁板同時於 A、B 兩側斷裂掉落於地面(照片 2.7(l))。

■ AT19~AT21 與 BT19~BT21

AT19~AT21 與 BT19~BT21 如照片 2.7(o)與照片 2.7(p)所示，B 側編號 BT20 之 U 型加勁板厚度為 8.9 mm，編號 BT21 之 U 型加勁板厚度為 8.8 mm。

■ AT22~AT23 與 BT22~BT23

AT22~AT23 與 BT22~BT23 如照片 2.7(q)與照片 2.7(r)所示，兩側的 U 型加勁板皆因變形而無法量測。

2.2 破裂斷面破壞型式

破裂型式之紀錄以 C4 節塊接 C3-2 南節塊側斷面(C4B 斷面)為主，量測結果如圖 2.4 所示，其斷面經過之鐸道已標於圖上，並分為斜斷面(藍色虛線)以及頸縮斷面(紅色實線)，此外亦對 C3-2 節塊側(C3-2A 斷面)進行拍照記錄。以下概述斷面破裂型式之觀察紀錄。

C4B 斷面

■ 外側至 B1 間

從 C4 節塊斷裂面外側至 B1 間幾乎皆為斜斷面，除 B1 下側有些許頸縮斷面，如照片 2.8(a)所示。

■ B1 至 B2 間

從 B1 至 B2 之間如照片 2.8(b)所示，斷裂面轉折向內，其斷面為頸縮斷面。

■ B2 至 B3 間

B2 至 B3 間大部份為斜斷面，僅 B2 下側與 B2、B3 中段(如照片 2.8(c)與 2.8(d)所示)有些許頸縮斷面。

■ B3 至 I 型梁間

B3 下側為斜斷面，至 I 型梁前斷裂面轉折向外，其斷面為頸縮斷面(如照片 2.8(e)所示)。

■ I 型梁至 B5 間

從 I 型梁至 B4 前其斷面為頸縮斷面，而 B4 下側至 B5 下側均為斜斷面。

■ B5 至 B7 間

B5 與 B7 往中間 B6 方向，斷裂面均轉折向外延伸至垂直版，其轉折處斷面為頸縮斷面，其餘皆為斜斷面。

■ B7 至 I 型梁間

B7 至 I 型梁間如照片 2.8(f)所示，僅有一小段呈現頸縮斷面，而 B8 至 I 型梁間斷裂面轉折向內，其斷面為頸縮斷面，其餘皆為斜斷面。

■ I 型梁至 B9 間

如照片 2.8(g)所示，從 I 型梁至 B9 前斷裂面轉折向外，其斷面為頸縮斷面，其餘皆為斜斷面。

■ B9 至 B11 間

B10 至外側間如照片 2.8(h)所示，僅有一小段呈現頸縮斷面，其餘皆為斜斷面。而 B11 至 C4 節塊斷裂面外側，因斷面撕裂嚴重故無法辨識。

C3-2A 斷面

如照片 2.9(a)所示，AB3 與 AB4 間有鋼板頸縮斷面，I 型梁上方為鋼板的續接位置(照片 2.9(b))，如照片 2.9(c)所示，I 型梁上方鋼板呈現垂直斷裂面，與其他位置所呈現的斷裂型式不同，AB4 與 AB5 間有鋼板頸縮斷面與斜斷面(照片 2.9(d)與 2.9(e))，與另一側相同，AB8 與 AB9 間 I 型梁上方為鋼板的續接位置(照

片 2.9(f))。

2.3 完整斷面量測紀錄

C6 節塊與 C7 節塊連接斷面

在第三章的試體規劃中，許多試體皆取自 C6 節塊與 C7 節塊，因此於此連接斷面兩側(C6A 斷面與 C7B 斷面)進行量測(照片 2.10(a))，上橋板、下橋板、側邊鋼板、腹板之量測項目如圖 2.5 所示；上方 U 型加勁板編號 T16 之後皆因焰切變形嚴重無法進行量測(照片 2.10(b))，因此選取 T1、T2、T4、T5、T8 及 T15 進行量測(照片 2.10(c)至照片 2.10(j))，如照片 2.10(k)至照片 2.10(n)所示，下方 U 型加勁板選取 B1、B4、B7 及 B9 進行量測，垂直 U 型加勁板選取 V1 及 V4 進行量測，U 型加勁板與橋板之板厚度量測結果列於表 2.3 與表 2.4。

C9-1 節塊與 C9-2 節塊連接斷面

第三章中許多試體取自 C9-1 節塊與 C9-2 節塊，因此於此連接斷面兩側(C9-1A 斷面與 C9-2B 斷面)進行量測(照片 2.11(a)與照片 2.11(b))，上橋板、下橋板、側邊鋼板、腹板之量測項目如圖 2.6 所示；如照片 2.11(c) 至照片 2.11(j)所示，上方 U 型加勁板選取 T4、T8、T17 及 T20 進行量測，下方 U 型加勁板選取 B1、B4、B8 及 B10 進行量測(照片 2.11(k)至照片 2.11(p))，垂直 U 型加勁板選取 V1 及 V3 進行量測(照片 2.11(q)至照片 2.11(t))，U 型加勁板與橋板之板厚度量測結果列於表 2.5 與表 2.6。

表 2.1 C3-2A 斷面鋼箱梁厚度量測結果

		C3-2A 斷面 U 型加勁板													
Rib	T3	T4	T11	T13	B1	B2	B4	B5	B6	B7	B10	B11	V1	V2	
厚度(mm)	9.1	8.7	9.1	9.6	8.9	9.7	9.1	9.2	8.4	8.5	8.5	8.4	8.8	9.2	

		C3-2A 斷面橋板										
點位	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	
板厚(mm)	9.2	8.9	8.3	9.0	8.1	9.4	9.1	11.9	10.7	10.5	10.8	
點位	b12	b13	b14	b15	b16	b17	b18	b19	b20	b21	v1	
板厚(mm)	10.5	12.0	10.7	10.8	9.4	8.8	9.1	8.8	9.2	8.8	9.4	

表 2.2 C4B 斷面鋼箱梁厚度量測結果

		C4B 斷面 U 型加勁板											
Rib	T2	T10	T14	T15	T18	T20	T21	B3	B8	B9	V2	V3	V4
厚度(mm)	8.8	8.7	8.9	9.0	8.8	8.9	8.8	8.8	9.3	9.9	9.4	8.9	9.0

		C4B 斷面橋板										
點位	t1	t2	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	
板厚(mm)	12.2	12.3	9.4	9.2	10.3	9.3	9.9	8.5	11.6	11.4	10.4	
點位	b10	b11	b12	b13	b14	b15	b16	b17	b18	v1	v2	
板厚(mm)	11.4	11.3	8.5	9.6	8.5	8.5	9.0	9.0	8.9	9.0	9.5	

表 2.3 C6A 斷面鋼箱梁厚度量測結果

Rib	頂部與底部 U 型加勁板										垂直 U 型加勁板		
	T1	T2	T4	T5	T8	T15	B1	B4	B7	B9	Rib	V1	V4
頂部(mm)	8.9	9.0	9.0	9.0	8.6	9.0	8.6	8.8	9.1	9.2	頂部(mm)	9.0	8.6
S 側(mm)	8.6	8.6	8.9	8.6	8.7	8.4	8.7	8.6	9.8	8.8	上側(mm)	8.8	8.8
N 側(mm)	8.9	8.9	8.6	8.8	8.6	8.6	8.8	8.7	9.4	8.9	下側(mm)	8.7	8.7

點位	上橋板、下橋板與腹板															
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	v1	v2
板厚(mm)	12.3	12.4	12.7	12.4	12.5	13.0	10.7	11.0	12.1	12.7	13.0	13.0	11.0	10.3	10.5	10.5

表 2.4 C7B 斷面鋼箱梁厚度量測結果

Rib	頂部與底部 U 型加勁板										垂直 U 型加勁板		
	T1	T2	T4	T5	T8	T15	B1	B4	B7	B9	Rib	V1	V4
頂部(mm)	8.9	8.8	9.1	9.1	8.8	8.9	8.7	8.7	9.1	9.0	頂部(mm)	9.0	8.5
N 側(mm)	8.7	8.7	8.7	8.6	8.6	8.9	8.7	8.7	9.2	9.4	上側(mm)	8.7	8.7
S 側(mm)	8.8	8.6	9.0	8.8	8.7	8.7	9.0	8.8	9.1	9.1	下側(mm)	8.7	8.7

點位	上橋板、下橋板與腹板															
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	v1	v2
板厚(mm)	12.3	12.5	12.7	12.6	12.8	12.5	10.7	11.5	12.9	12.7	12.9	13.1	10.9	9.8	10.5	10.5

表 2.5 C9-1A 斷面鋼箱梁厚度量測結果

Rib	頂部與底部 U 型加勁板								垂直 U 型加勁板		
	T4	T8	T17	T20	B1	B4	B8	B10	Rib	V1	V3
頂部(mm)	9.7	8.7	8.4	8.8	9.3	8.5	9.3	8.7	頂部(mm)	8.7	8.4
S 側(mm)	8.5	8.6	9.1	8.7	9.9	9.2	8.3	8.5	上側(mm)	8.8	8.6
N 側(mm)	8.9	8.6	9.2	8.2	9.2	8.5	8.3	8.6	下側(mm)	8.3	8.5

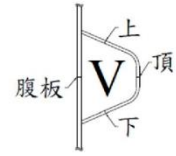
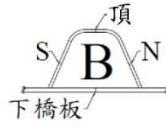
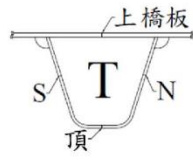
點位	上橋板、下橋板與腹板									
	t1	t2	t3	t4	b1	b2	b3	b4	v1	v2
板厚(mm)	13.6	13.0	12.6	12.9	11.6	12.5	12.7	11.3	10.6	11.0

表 2.6 C9-2B 斷面鋼箱梁厚度量測結果

Rib	頂部與底部 U 型加勁板								垂直 U 型加勁板		
	T4	T8	T17	T20	B1	B4	B8	B10	Rib	V1	V3
頂部(mm)	8.5	8.4	8.7	8.8	9.2	8.5	8.7	8.4	頂部(mm)	8.4	8.6
S 側(mm)	8.3	9.0	8.5	8.6	10.1	8.7	8.3	8.6	上側(mm)	8.6	8.7
N 側(mm)	8.7	8.5	8.7	8.9	9.0	8.7	8.5	8.8	下側(mm)	8.4	8.5

點位	上橋板、下橋板與腹板									
	t1	t2	t3	t4	b1	b2	b3	b4	v1	v2
板厚(mm)	13.3	13.6	12.6	12.9	11.0	12.9	12.7	11.2	10.9	10.5

A斷面



B斷面

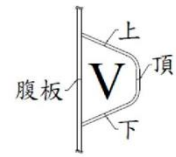
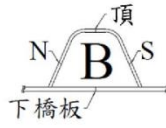
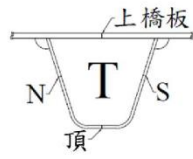


圖 2.1 U 型加勁板厚度量測位置

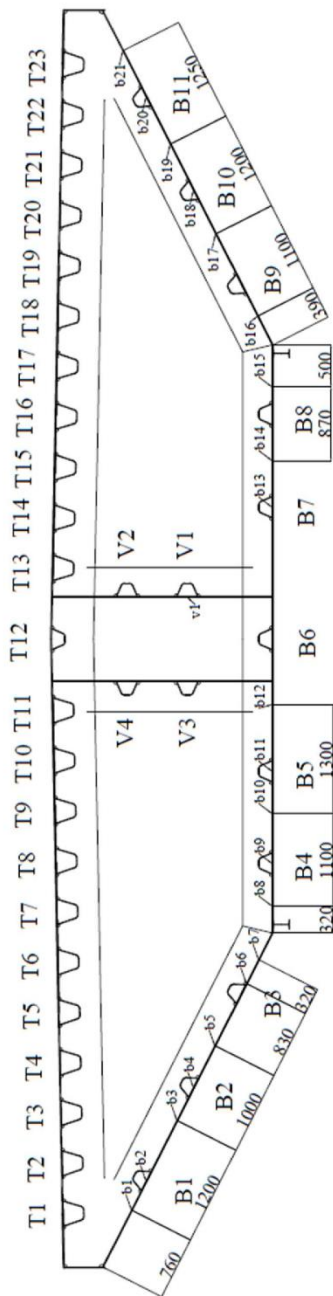


圖 2.2 C3-2A 斷面 U 型加勁板間梁橋板厚度量測位置(單位: mm)

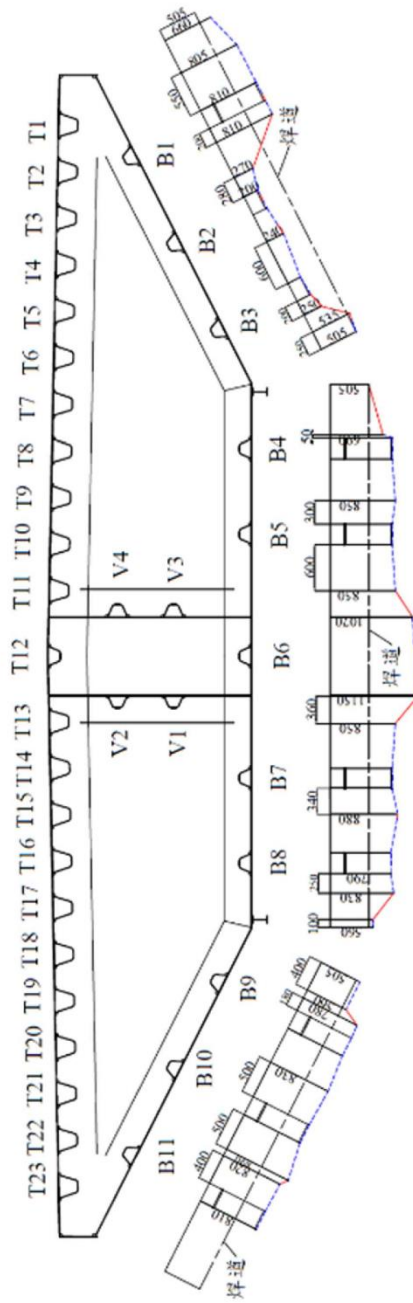


圖 2.4 C4B 断面底部俯视图(单位: mm)

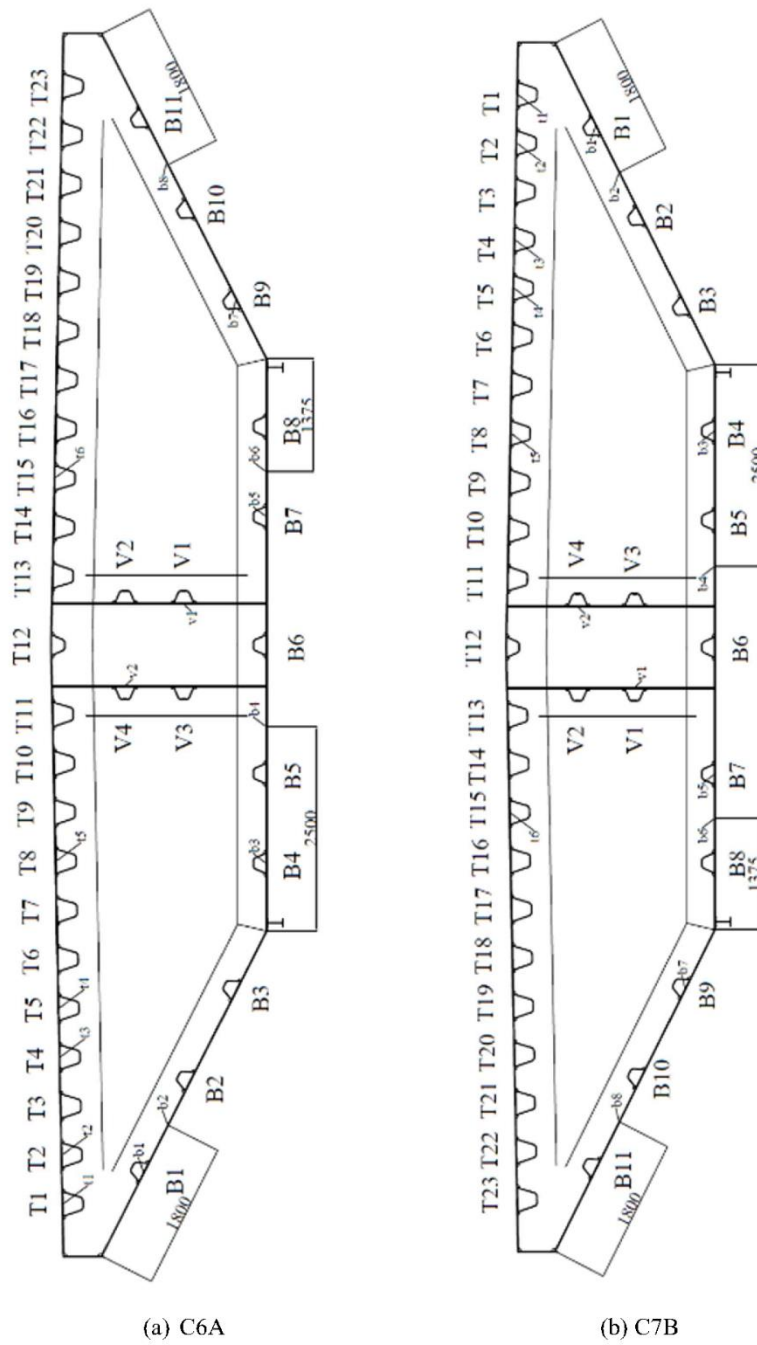


圖 2.5 C6A 與 C7B 断面 U 型加勁板間梁橋板厚度量測位置(單位: mm)

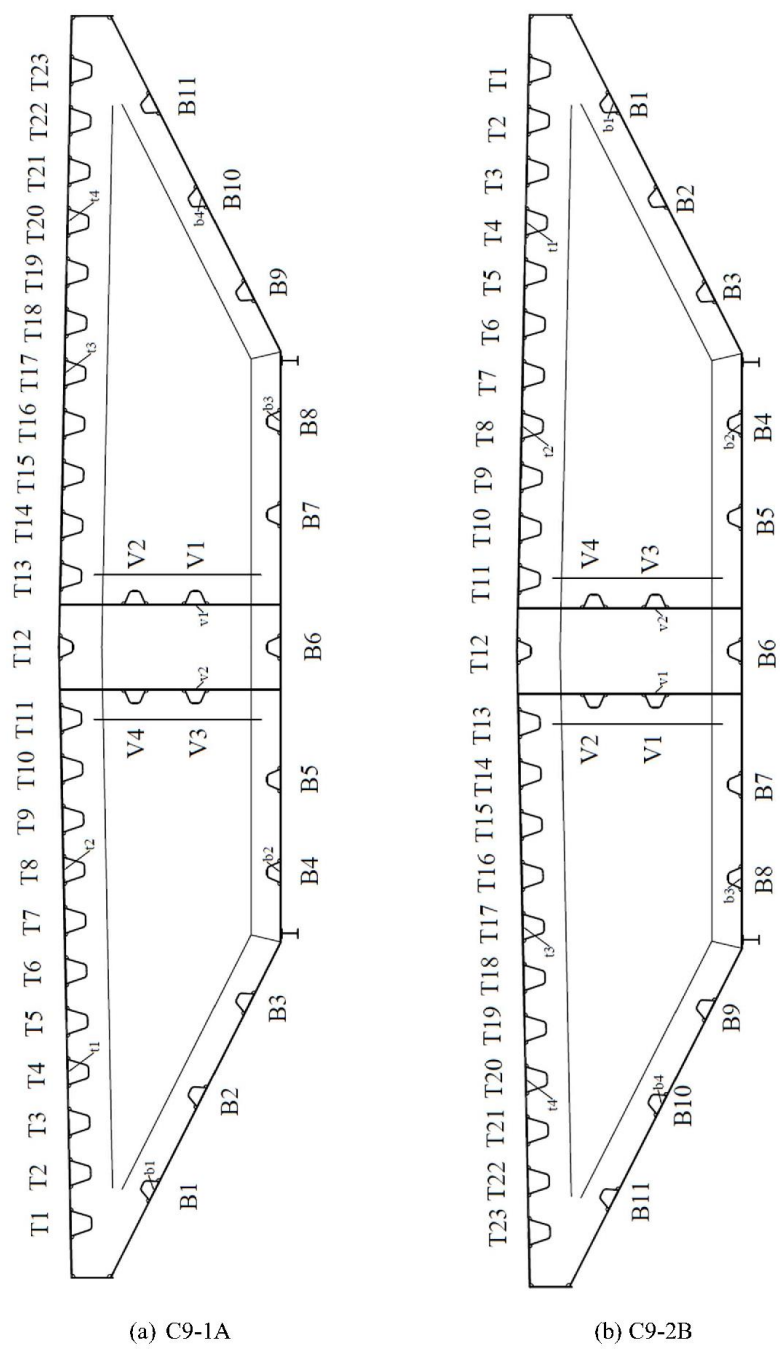


圖 2.6 C9-1A 與 C9-2B 斷面 U 型加勁板間梁橋板厚度量測位置(單位: mm)



照片 2.1 現場勘察



(a) 量測位置



(b) 量測鋼板厚度

照片 2.2 量測方式



照片 2.3 C3-2A 斷面



照片 2.4 C4B 斷面



(a) AB1



(b) BB1



(c) AB2



(d) BB2



(e) AB3



(f) BB3



(g) AB4



(h) BB4

照片 2.5 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面下方 U 型加勁板



(i) AB5



(j) BB5



(k) AB6



(l) AB6 內側銲接



(m) AB7



(n) BB7



(o) AB8



(p) BB8

照片 2.5 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面下方 U 型加勁板(續 1)



(q) AB9



(r) BB9



(s) AB10



(t) BB10



(u) AB10 左側與底板空隙



(v) AB10 右側與底板空隙



(w) AB11



(x) BB11

照片 2.5 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面下方 U 型加勁板(續 2)



(y) AB11 左側與底板空隙

(z) AB11 右側與底板空隙

照片 2.5 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面下方 U 型加勁板(續 3)



(a) AV1~AV4、AT12



(b) BV1~BV4、BT12



(c) BV1, BV2



(d) AV1、AV2



(e) AV3、AV4



(f) BV3、BV4

照片 2.6 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面垂直 U 型加勁板



(g)BV1



(h)AV1



(i)BV2



(j)AV2



(k)AV1 處腹板斜向破壞



(l)BV1 處腹板斜向破壞

照片 2.6 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面垂直 U 型加勁板(續)



(a) AT1~AT3



(b) BT1~BT3



(c) AT4~AT6



(d) BT4~BT6



(e) AT7~AT9



(f) BT7~BT9



(g) AT10~AT11



(h) BT10~BT11

照片 2.7 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面上方 U 型加勁板



(i) AT13~AT15



(j) BT13~BT15



(k) BT14 掉落地面



(l) BT18 掉落地面



(m) AT16~AT18



(n) BT16~BT18



(o) AT19~AT21



(p) BT19~BT21

照片 2.7 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面上方 U 型加勁板(續 1)



(q) AT22~AT23



(r) BT22~BT23

照片 2.7 C3-2 節塊與 C4 節塊相接斷面上方 U 型加勁板(續 2)



(a) B1 些許頸縮斷面



(b) B1 與 B2 間頸縮斷面



(c) B2 下方頸縮斷面



(d) B2 與 B3 間斜斷面



(e) B3 至 I 型梁



(f) B8 下方鋼版



(g) B9 下方鋼版



(h) B10 至外側

照片 2.8 C4B 斷面下翼板斷裂照



(a) AB3 與 AB4 間鋼板頸縮



(b) 照片 AB3 與 AB4 間鋼板續接



(c) AB3 與 AB4 間垂直向破裂面



(d) AB4 與 AB5 間鋼板頸縮



(e) AB4 與 AB5 間斜破裂面



(f) AB8 與 AB9 間鋼板續接

照片 2.9 C3-2A 斷面下翼板照



(a) C6 節塊與 C7 節塊連接斷面



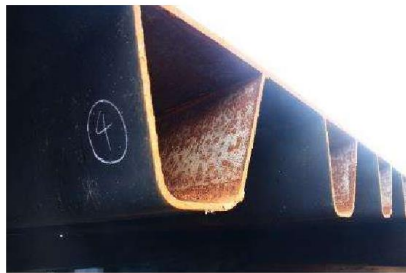
(b) T16 之後鋼板變形



(c) AT1 與 AT2



(d) BT1 與 BT2



(e) AT4 與 AT5



(f) BT4 與 BT5



(g) AT8



(h) BT8

照片 2.10 C6 節塊與 C7 節塊連接斷面 U 型加勁板



(i) AT15



(j) BT15



(k) AB1 與 BB1



(l) AB4 與 BB4



(m) AB7 與 BB7



(n) AB9 與 BB9

照片 2.10 C6 節塊與 C7 節塊連接斷面 U 型加勁板(續 1)



(a) C9-1 節塊與 C9-2 節塊連接斷面



(b) C9-1 節塊與 C9-2 節塊連接斷面



(c) AT4



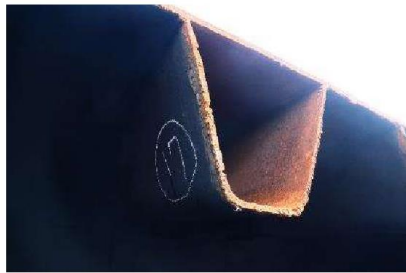
(d) BT4



(e) AT8



(f) BT8



(g) AT17

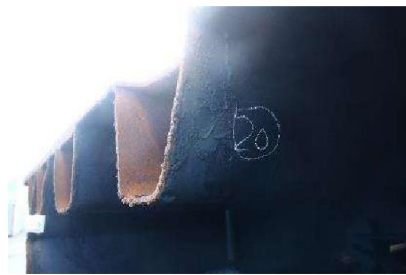


(h) BT17

照片 2.11 C9-1 節塊與 C9-2 節塊連接斷面 U 型加勁板



(i) AT20



(j) BT20



(k) BB1



(l) AB1



(m) BB4



(n) AB4



(o) AB8 與 BB8



(p) AB10 與 BB10

照片 2.11 C9-1 節塊與 C9-2 節塊連接斷面 U 型加勁板(續 1)



(q) BV1



(r) AV1



(s) AV3



(t) BV3

照片 2.11 C9-1 節塊與 C9-2 節塊連接斷面 U 型加勁板(續 2)

附錄 2 鋼絞線拉伸試驗報告

TS-11-04

NOVA



華光工程顧問股份有限公司
CECI Nova Technology Co., Ltd.



試驗一部 楊梅試驗室

桃園市楊梅區富豐里新明街525號

YangMei Laboratory, Testing Department 1

電話：(03)4727262傳真：(03)4727245

頁次：第1頁共2頁

鋼絞線試驗報告

報告編號：20-00103Y

收件日期：109.01.21

報告日期：109.01.30

工程名稱：南方澳大橋鋼絞線拉伸試驗

委託單位：財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心

聯絡資訊：N/A

承包商：N/A

供應廠商：N/A

取樣者：國震中心：

送驗者：國震中心：

會驗者：國震中心：

備註：1. 本報告僅對送驗之樣品負責。

2. 本報告內容不得摘錄複製，但全部複製除外。

3. 本報告保存期限至少6年。

4. 本報告粗斜體部分資訊係依委託者提供資訊登載。

試驗室主管：

報告簽署人：

試驗一部 楊梅試驗室

桃園市楊梅區富豐里新明街525號

YangMei Laboratory, Testing Department 1

電話：(03)4727262傳真：(03)4727245

頁次：第2頁

鋼絞線拉伸試驗報告

報告編號：20-00103Y

試驗日期：109.01.21

試驗機型：SHIMADZU 2000kNIR

材料稱呼：ASTM A416/A416M(2017a) Grade 270 ϕ 15.7 mm 鍍鋅鋼絞線

試驗方法：ASTM A416/A416M(2017a) 及 ASTM A1061/1061M(2016)

一、尺度測定

試樣編號	絞合外徑 (mm)	心線線徑 (mm)	外層單線線徑 (mm)	心線與外層單線 線徑差 (mm)
OS8-1	15.71	5.32	5.11~5.15	0.17~0.21
OS8-2	15.73	5.31	5.11~5.14	0.17~0.20
OS8-3	15.74	5.32	5.13~5.15	0.17~0.19
OS9-1	15.73	5.32	5.12~5.16	0.16~0.20
OS9-2	15.73	5.32	5.12~5.14	0.18~0.20
OS9-3	15.73	5.31	5.13~5.15	0.16~0.18
OS9-4	15.42	5.20	5.02~5.03	0.17~0.18
OS9-5	15.40	5.20	5.02~5.06	0.14~0.18
OS9-6	15.40	5.21	5.02~5.04	0.17~0.19
OS12-1	15.76	5.34	5.12~5.14	0.20~0.22
OS12-2	15.77	5.30	5.13~5.15	0.15~0.17
OS12-3	15.77	5.32	5.12~5.13	0.19~0.20
規範值	15.55~16.35	—	—	≥ 0.102

二、單位長度質量、截面積及機械性質

試樣編號	單位長度 質量 (kg/km)	標稱截面積 (mm ²)	對應1.0%永久 伸長率之負載 (kN)	拉伸負載 (kN)	降伏強度 (N/mm ²)	抗拉強度 (N/mm ²)	伸長率 (%)	彈性模數 (kgf/cm ²)
OS8-1	1166	150.0	244.5	277.1	1630	1847	6.7	1.90 $\times 10^6$
OS8-2	1166	150.0	244.8	277.3	1632	1849	6.9	1.90 $\times 10^6$
OS8-3	1165	150.0	244.4	277.3	1629	1849	7.0	1.88 $\times 10^6$
OS9-1	1173	150.0	246.8	279.5	1645	1863	7.0	1.93 $\times 10^6$
OS9-2	1172	150.0	247.8	277.8	1652	1852	5.3	1.93 $\times 10^6$
OS9-3	1174	150.0	247.2	278.9	1648	1859	5.8	1.89 $\times 10^6$
OS9-4	1106	150.0	229.1	262.0	1527	1747	6.7	1.79 $\times 10^6$
OS9-5	1106	150.0	229.0	261.8	1527	1745	6.3	1.79 $\times 10^6$
OS9-6	1105	150.0	227.8	261.1	1519	1741	5.6	1.78 $\times 10^6$
OS12-1	1173	150.0	245.8	278.3	1639	1855	7.0	1.91 $\times 10^6$
OS12-2	1171	150.0	246.7	278.4	1645	1856	6.8	1.94 $\times 10^6$
OS12-3	1171	150.0	245.8	277.4	1639	1849	6.8	1.89 $\times 10^6$
規範值	—	—	≥ 251.4	≥ 279.0	—	—	≥ 3.5	—

備註：本報告之降伏強度、抗拉強度及彈性模數係依其標稱截面積150.0 mm²所計算而得。

試驗室主管：

報告簽署人：



試驗一部 楊梅試驗室

桃園市楊梅區富豐里新明街525號

YangMei Laboratory, Testing Department 1

電話：(03)4727262 傳真：(03)4727245

頁次：第1頁共2頁

鋼絞線試驗報告

報告編號：20-00101Y

收件日期：109.01.21

報告日期：109.01.30

工程名稱：南方澳大橋鋼絞線拉伸試驗(舊錨頭用鋼絞線)

委託單位：財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心

聯絡資訊：N/A

承包商：N/A

供應廠商：N/A

取樣者：國震中心：

送驗者：國震中心：

會驗者：國震中心：

- 備註：
1. 本報告僅對送驗之樣品負責。
 2. 本報告內容不得摘錄複製，但全部複製除外。
 3. 本報告保存期限至少6年。
 4. 本報告粗斜體部分資訊係依委託者提供資訊登載。

試驗室主管：

報告簽署人：

試驗一部 楊梅試驗室

桃園市楊梅區富豐里新明街525號 YangMei Laboratory, Testing Department 1
電話：(03)4727262 傳真：(03)4727245

頁次：第2頁

鋼絞線拉伸試驗報告

報告編號：20-00101Y 試驗日期：109.01.21
試驗機型：SHIMADZU 2000kNIR
材料稱呼：ASTM A416/A416M(2017a) Grade 270 ϕ 15.7 mm 鍍鋅鋼絞線
試驗方法：ASTM A416/A416M(2017a) 及 ASTM A1061/1061M(2016)

一、尺度測定

試樣編號	絞合外徑 (mm)	心線線徑 (mm)	外層單線線徑 (mm)	心線與外層單線 線徑差 (mm)
OS10-1	15.77	5.31	5.13-5.15	0.16-0.18
OS10-2	15.78	5.32	5.14-5.15	0.17-0.18
OS10-3	15.77	5.31	5.12-5.15	0.16-0.19
以下空白				
規範值	15.55~16.35	—	—	≥ 0.102

二、單位長度質量、截面積及機械性質

試樣編號	單位長度 質量 (kg/km)	標稱截面積 (mm ²)	對應1.0%永久 伸長率之負載 (kN)	拉伸負載 (kN)	降伏強度 (N/mm ²)	抗拉強度 (N/mm ²)	伸長率 (%)	彈性模數 (kgf/cm ²)
OS10-1	1176	150.0	243.1	277.3	1621	1849	6.7	1.92 × 10 ⁶
OS10-2	1177	150.0	241.6	274.8	1611	1832	5.6	1.91 × 10 ⁶
OS10-3	1176	150.0	243.3	276.5	1622	1843	6.4	1.94 × 10 ⁶
以下空白								
規範值	—	—	≥ 251.4	≥ 279.0	—	—	≥ 3.5	—

備註：本報告之降伏強度、抗拉強度及彈性模數係依其標稱截面積150.0 mm²所計算而得。

試驗室主管：



報告簽署人：





華光工程顧問股份有限公司
CECI Nova Technology Co., Ltd.

TS-11-04



試驗一部 楊梅試驗室

YangMei Laboratory, Testing Department 1

桃園市楊梅區富豐里新明街525號

電話：(03)4727262 傳真：(03)4727245

頁次： 第1頁共2頁

鋼絞線試驗報告

報告編號：20-00102Y

收件日期：109.01.21

報告日期：109.01.30

工程名稱：南方澳大橋鋼絞線(新鉗頭用鋼絞線)

委託單位：財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心

聯絡資訊：N/A

承包商：N/A

供應廠商：N/A

取樣者：國震中心：

送驗者：國震中心：

會驗者：國震中心：

- 備註：
1. 本報告僅對送驗之樣品負責。
 2. 本報告內容不得摘錄複製，但全部複製除外。
 3. 本報告保存期限至少6年。
 4. 本報告粗斜體部分資訊係依委託者提供資訊登載。

試驗室主管：

報告簽署人：



華光工程顧問股份有限公司
CECI Nova Technology Co., Ltd.



試驗一部 楊梅試驗室

桃園市楊梅區富豐里新明街525號

YangMei Laboratory, Testing Department 1

電話：(03)4727262 傳真：(03)4727245

頁次：第2頁

鋼絞線拉伸試驗報告

報告編號：20-00102Y

試驗日期：109.01.21

試驗機型：SHIMADZU 2000kNIR

材料稱呼：ASTM A416/A416M(2017a) Grade 270 ϕ 15.7 mm 鍍鋅鋼絞線

試驗方法：ASTM A416/A416M(2017a) 及 ASTM A1061/1061M(2016)

一、尺度測定

試樣編號	絞合外徑 (mm)	心線線徑 (mm)	外層單線線徑 (mm)	心線與外層單線 線徑差 (mm)
NSI-1	15.77	5.35	5.11~5.18	0.17~0.24
NSI-2	15.76	5.33	5.13~5.16	0.17~0.20
以下空白				
規範值	15.55~16.35	—	—	≥ 0.102

二、單位長度質量、截面積及機械性質

試樣編號	單位長度 質量 (kg/cm)	標稱截面積 (mm ²)	對應1.0%永久 伸長率之負載 (kN)	拉伸負載 (kN)	降伏強度 (N/mm ²)	抗拉強度 (N/mm ²)	伸長率 (%)	彈性模數 (kgf/cm ²)
NSI-1	1197	150.0	250.6	290.9	1671	1939	6.4	1.90×10^6
NSI-2	1196	150.0	251.5	290.3	1677	1935	5.8	1.92×10^6
以下空白								
規範值	—	—	≥ 251.4	≥ 279.0	—	—	≥ 3.5	—

備註：本報告之降伏強度、抗拉強度及彈性模數係依其標稱截面積150.0 mm²所計算而得。

試驗室主管：



報告簽署人：



附錄 3 HS20-44 (MS18) 載重、彎矩、剪力及反力列表

附錄 4 257

附 錄 4

HS20-44(MS18) 載重，彎矩，剪力及反力

1. 本表為對簡支梁之最大彎矩，剪力及反力。
2. 所用單位，跨徑用公尺，彎矩用噸公尺 (T-M)，剪力及反力用噸，但括弧內表示者為國際單位。
3. 若橋梁承受多車道載重時，依據規範規定應乘折減率。
4. 本表未包括衝擊力。

跨 徑 (M)	彎 (T-M)	矩 (KN-M)	端點剪力及反力**	
			(T)	(KN)
0.5	1.83*	(18.00)	14.60*	(144.00)
1.0	3.65*	(36.00)	14.60*	(144.00)
1.5	5.48*	(54.00)	14.60*	(144.00)
2.0	7.30*	(72.00)	14.60*	(144.00)
2.5	9.13*	(90.00)	14.60*	(144.00)
3.0	10.95*	(108.00)	14.60*	(144.00)
3.5	12.78*	(126.00)	14.60*	(144.00)
4.0	14.60*	(144.00)	14.60*	(144.00)
4.5	16.43*	(162.00)	15.41*	(152.00)
5.0	18.25*	(180.00)	16.79*	(165.60)
5.5	20.08*	(198.00)	17.92*	(176.73)
6.0	21.90*	(216.00)	18.86*	(186.00)
6.5	23.73*	(234.00)	19.65*	(193.85)
7.0	25.55*	(252.00)	20.34*	(200.57)
7.5	28.12*	(277.35)	20.93*	(206.40)
8.0	31.50*	(310.64)	21.44*	(211.50)

跨 徑 (M)	彎 (T-M)	矩 (KN-M)	端點剪力及反力**	
			(T)	(KN)
8.5	34.90*	(344.25)	21.90*	(216.00)
9.0	38.34*	(378.13)	22.51*	(222.00)
9.5	41.79*	(412.22)	23.05*	(227.37)
10.0	45.27*	(446.51)	23.54*	(232.20)
10.5	49.02*	(483.48)	23.99*	(236.57)
11.0	53.05*	(523.28)	24.39*	(240.55)
11.5	57.10*	(563.14)	24.76*	(244.17)
12.0	61.14*	(603.05)	25.09*	(247.50)
12.5	65.19*	(643.01)	25.40*	(250.56)
13.0	69.25*	(683.00)	25.60*	(253.38)
13.5	73.31*	(723.04)	25.96*	(256.00)
14.0	77.37*	(763.11)	26.20*	(258.43)
14.5	81.44*	(803.21)	26.43*	(260.69)
15.0	85.51*	(843.34)	26.65*	(262.80)
15.5	89.58*	(883.49)	26.85*	(264.77)
16.0	93.65*	(923.66)	27.03*	(266.63)
16.5	97.72*	(963.35)	27.21*	(268.36)
17.0	101.80*	(1004.06)	27.38*	(270.00)
17.5	105.88*	(1044.29)	27.53*	(271.54)
18.0	109.96*	(1084.53)	27.68*	(273.00)
18.5	114.04*	(1124.79)	27.82*	(274.38)
19.0	118.12*	(1165.06)	27.95*	(275.68)
19.5	122.21*	(1205.34)	28.08*	(276.92)
20.0	126.29*	(1245.63)	28.20*	(278.10)
21.0	134.47*	(1326.24)	28.42*	(280.29)
22.0	142.64*	(1406.89)	28.62*	(282.27)
23.0	150.82*	(1487.57)	28.80*	(284.09)
24.0	159.01*	(1568.27)	28.97*	(285.75)
25.0	167.19*	(1649.00)	29.13*	(287.28)

跨 徑 (M)	彎 矩 (T-M)	矩 (KN-M)	端點剪力及反力**	
			(T)	(KN)
26.0	175.38*	(1729.75)	29.27*	(288.69)
27.0	183.57*	(1810.52)	29.40*	(290.00)
28.0	191.76*	(1891.31)	29.53*	(291.21)
29.0	199.95*	(1972.11)	29.64*	(292.34)
30.0	208.14*	(2052.92)	29.75*	(293.40)
31.0	216.34*	(2133.74)	29.85*	(294.39)
32.0	224.53*	(2214.58)	29.94*	(295.31)
33.0	232.73*	(2295.43)	30.03*	(296.18)
34.0	240.93*	(2376.20)	30.11*	(297.00)
35.0	249.13*	(2457.14)	30.19*	(297.77)
36.0	257.33*	(2538.02)	30.26*	(298.50)
37.0	265.53*	(2618.39)	30.33*	(299.19)
38.0	273.73*	(2699.78)	30.40*	(299.84)
39.0	281.93*	(2780.67)	30.46*	(300.46)
40.0	290.13*	(2361.56)	31.00	(304.00)
42.0	306.54*	(3023.37)	31.96	(313.40)
44.0	322.94*	(3185.19)	32.92	(322.80)
46.0	348.22	(3496.30)	33.38	(332.20)
48.0	374.58	(3667.20)	34.84	(341.60)
50.0	402.50	(3937.50)	35.80	(351.00)
52.0	431.08	(4217.20)	36.76	(360.40)
54.0	460.62	(4506.30)	37.72	(369.80)
56.0	491.12	(4804.80)	38.63	(379.20)
58.0	522.58	(5112.70)	39.64	(388.60)
60.0	555.00	(5430.00)	40.60	(398.00)
65.0	640.25	(6264.38)	43.00	(421.50)
70.0	731.50	(7157.50)	45.40	(445.00)
75.0	828.75	(8109.33)	47.80	(468.50)
80.0	932.00	(9120.00)	50.20	(492.00)

260 公路橋梁設計規範

跨 徑 (M)	彎 矩 (T-M)	矩 (KN-M)	端點剪力及反力**	
			(T)	(KN)
85.0	1041.25	(10189.38)	52.60	(515.50)
90.0	1156.50	(11317.50)	55.00	(539.00)
95.0	1277.75	(12504.38)	57.40	(562.50)
100.0	1405.00	(13750.00)	59.80	(586.00)

說 明：* 有此符號者係由貨車載重產生之最大值，否則由車道載重產生之最大值。

** 有此符號者指集中載重作用於端點，而載重係用於計算剪力。

附錄 4 道路交通安全規則附件十一

附件十一 車輛總重量及總聯結重量限制規定

一、除曳引車、半拖車、拖架及專供營建工程不具載貨空間特種車以外之大型車輛
總重量

軸組型態 最遠軸距	前單軸後單軸 車輛	前雙軸後單 軸車輛	前單軸後雙 軸車輛	前雙軸後雙軸 車輛	全拖車
二公尺	十六公噸	十六公噸	十六公噸	十六公噸	十六公噸
二點五公尺	十七公噸	十七公噸	十七公噸	十七公噸	十七公噸
三公尺	十八公噸	十八公噸	十八公噸	十八公噸	十八公噸
三點五公尺	十八點五公噸	十九點五公 噸	十九點五公 噸	十九點五公噸	十九點五公噸
四公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十點五公 噸	二十點五公噸	二十公噸
四點五公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十一點五 公噸	二十一點五公 噸	二十公噸
五公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十二點五 公噸	二十二點五公 噸	二十公噸
五點五公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十四公噸	二十四公噸	二十公噸
六公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十五公噸	二十五公噸	二十公噸
六點五公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十六公噸	二十六公噸	二十公噸
七公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十六公噸	二十七公噸	二十公噸
七點五公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十六公噸	二十八公噸	二十公噸
八公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十六公噸	二十九點五公 噸	二十公噸
八點五公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十六公噸	三十公噸	二十公噸
九公尺	十八點五公噸	二十公噸	二十六公噸	三十一公噸	二十公噸
九點五公尺以 上	十八點五公噸	二十公噸	二十六公噸	三十二公噸	二十公噸

附註：

- (一) 本表係依車輛最遠軸距及軸組別，表列車輛總重限制值。
- (二) 查表方式為表列最遠軸距採下限值，及無條件捨去公尺為單位之小數點後第二位數字。
- (三) 例如：車輛實際最遠軸距值為四點五三公尺，軸組別為前單軸後單軸，則應查最遠軸距欄位為「四點五公尺」之列，再查前單軸後單軸車輛之欄位，即可查得其車輛總重限制值為十八點五公噸。

二、曳引車及半拖車總聯結重量限制

1. 曳引車總聯結重量限制：

- (1). 前單軸後單軸曳引車：三十五公噸。
 (2). 前單軸後雙軸曳引車：四十三公噸。
 2. 半拖車總聯結重量限制：

軸組型態 軸距(公尺)	後單軸半拖車	後雙軸半拖車	後參軸半拖車
二公尺	二十五公噸	二十五公噸	二十五公噸
二點五公尺	二十六公噸	二十六公噸	二十六公噸
三公尺	二十七公噸	二十七公噸	二十七公噸
三點五公尺	二十八公噸	二十八公噸	二十八公噸
四公尺	二十九點五公噸	二十九點五公噸	二十九點五公噸
四點五公尺	三十點五公噸	三十點五公噸	三十點五公噸
五公尺	三十一點五公噸	三十一點五公噸	三十一點五公噸
五點五公尺	三十二點五公噸	三十二點五公噸	三十二點五公噸
六公尺	三十二點五公噸	三十四公噸	三十四公噸
六點五公尺	三十二點五公噸	三十五公噸	三十五公噸
七公尺	三十二點五公噸	三十六公噸	三十六公噸
七點五公尺	三十二點五公噸	三十七公噸	三十七公噸
八公尺	三十二點五公噸	三十八點五公噸	三十八點五公噸
八點五公尺	三十二點五公噸	三十九點五公噸	三十九點五公噸
九公尺	三十二點五公噸	四十公噸	四十點五公噸
九點五公尺	三十二點五公噸	四十公噸	四十一點五公噸
十公尺以上	三十二點五公噸	四十公噸	四十三公噸

附註：查表方式同第一項。

三、兼供曳引之大貨車總聯結重量限制

1. 前單軸後單軸大貨車：三十四公噸。
2. 前單軸後雙軸大貨車：四十六公噸。
3. 前雙軸後單軸大貨車：四十公噸。
4. 前雙軸後雙軸大貨車：五十二公噸。

四、拖架總重量限制

1. 單軸組拖架：十二公噸。
2. 雙軸組拖架：二十公噸。
3. 參軸組拖架：二十二公噸。

五、專供營建工程不具載貨空間特種車之總重量限制

軸組型態	前單軸後單軸 車輛	前雙軸後單軸 車輛	前單軸後雙軸 車輛	前雙軸後雙軸 車輛
總重量	二十一點五公 噸	二十七點五公 噸	二十七點五公 噸	三十五公噸

附件清單

附件 1 南方澳大橋竣工圖

附件 2 保固期滿後維修清單

附件 3 民國 106 年南方澳大橋鋪面改善工程鑽心檢測報告

附件 4 歷年南方澳大橋 DERU 目視檢測紀錄

附件 5 吊索勘查紀錄

附件 6 拱架錨頭承壓板勘查紀錄

附件 7 斷橋後鋪面鑽心檢測報告

附件 8 相關人員訪談摘要