出國報告(出國類別:考察)

2011 年考察觀摩 橋梁之監造、施工管理制度 及波形鋼腹板合成梁橋施工

服務機關:交通部臺灣區國道新建工程局

姓名職稱:幫工程司 馮焱明

派赴國家:日本

出國期間:100年9月4日~9月8日

報告日期:100年12月6日

摘 要

隨著社會經濟繁榮發展,臺灣地區土地開發利用漸趨飽和,中山高速公路 後續所規劃興建之高速公路,路線多行經山區,即便通過都會地區,為能節省 用地面積,亦多採以高架橋梁通過,例如本局新近辦理之「國道1號五股至楊 梅段拓寬計畫」,原則緊沿現有國道1號二側佈設,採高架拓寬方式設計,其 中橋梁路段約佔路線總長之84%,將來國道之興建與拓寬勢必以橋梁建設為主 要趨勢。

有關橋梁監造及施工承包商之管理,有必要了解他國之經驗及制度作為未來修訂本局規定的參考,基於日本在橋梁監造、承包商管理及營運養護方面,有豐富之經驗,且長年建立制度,對國內而言實有研習、觀摩以學習其相關經驗制度,並擷取其所長之必要。

本次觀摩參訪之安排,包含橋梁工程之規劃設計、現場施工、成橋參觀及 公共工程施工管理制度訪談等,行程地點為日本東京都中央區、宮城縣仙台 市、靜岡縣名古屋市、千葉縣等地之橋梁工程,相關內容如下:

- 參觀仙台市北四番丁波形鋼腹板 Extra-Dosed 脊背橋
- 訪談日本「橋梁工程規劃設計」及「日本公共工程施工管理制度」
- 觀摩名古屋「地盤改良 Power Blend 工法」施工
- 觀摩「名古屋港鍋田碼頭進入道路3號橋上部築造工事」施工
- 參觀名古屋木曾川橋、揖斐川橋(PC-鋼複合連續 Extradosed 脊背橋)
- 參觀「橋梁鋼纜防落設施」簡介及東京隅田川新大橋
- 參觀橋梁基礎「壓入式沉箱工法及設備」簡介及觀摩千葉縣「北千葉道路工程」 松崎高架橋施工

最後藉由本次觀摩參訪結果提出建議,以作為本局未來橋梁工程規劃設計 及施工管理執行修訂之參考。

目 次

<u> </u>	目的1
<u> </u>	過程1
2.1	行程概要1
2.2	參訪經過與內容
\equiv 、	心得及建議

2011 年考察觀摩

橋梁之監造、施工管理制度 及波形鋼腹板合成梁橋施工

一、目的

隨著社會經濟繁榮發展,臺灣地區土地開發利用漸趨飽和,中山高速公路 後續所規劃興建之高速公路,路線多行經山區,即便通過都會地區,為能節省 用地面積,亦多採以高架橋梁通過,例如本局新近辦理之「國道1號五股至楊 梅段拓寬計畫」,計畫路線全長約40 Km,原則緊沿現有國道1號二側佈設, 囿於既有路權範圍限縮,可供施工空間有限,採高架拓寬方式設計,其中橋梁 段長約33.7 Km,約佔路線總長之84%,將來國道之興建與拓寬勢必以橋梁建 設為主要趨勢。

與我國鄰近的日本,無論地理特性及社經發展,我國多與之相似,而在橋梁工程規劃設計、施工監造、營運管理、後續維護等各方面,該國皆具有豐富經驗,長年所建立之營建管理制度,對國內而言,實有觀摩學習之價值,並藉由擷取其之所長處,以作為本局未來橋梁工程規劃設計及施工管理執行修訂之參考。

再者於「國道 6 號南投路段」中所設計之脊背式橋梁(Extra-Dosed Bridge) 工法,及「臺中生活圈 2 號線東段、臺中生活圈 4 號線北段與平面延伸段及大里聯絡道工程」中所設計之波形鋼腹板合成梁橋(Corrugated Steel Web Bridge) 工法,皆為國內首次規劃設計及興建施工,日本對於前述橋梁工法係為世界上具有最為豐富經驗之國家,因此藉由前往考察觀摩,以瞭解其對於此類橋梁施工之施工監造及承包商管理制度等,並作為本局後續計畫執行之參考。

二、過程

2.1 行程概要

本次考察觀摩時間為自 100 年 9 月 4 日出國至 9 月 8 日返國,全程共計 5 日,以參觀日本橋梁工程相關技術為主,內容包含橋梁工程之規劃設計、現場施工、成橋參觀及公共工程施工管理制度訪談等,行程地點為日本東京都中央區、宮城縣仙台市、靜岡縣名古屋市、琦玉縣及千葉縣等地之橋梁工程(如圖 2.1-1)。此行相關行程概要如表 2.1-1。

表 2.1-1 参訪行程概要

日	期	起迄地點	行程摘要	住宿地
9/4	日	臺北松山→日本東京羽田	去程,前往日本東京	東京都中央區
				日本橋
9/5	-	東京都→宮城縣仙台市→	1.參觀仙台市北四番丁波形	東京都中央區
		東京都	鋼腹板 Extra-Dosed 脊背橋	日本橋
			2.拜訪日本多比建設工業株	
			式会社東京本社訪談「橋	
			梁工程規劃設計」及「日	
			本公共工程施工管理制	
			度」	
9/6	1	東京都→靜岡縣名古屋市	1.觀摩日本加藤建設株式会	東京都中央區
		→東京都	社(Kato)名古屋「地盤改良	日本橋
			Power Blend 工法」施工	
			2.觀摩日本日鐵多比橋梁株	
			式会社(NTB)「名古屋港鍋	
			田碼頭進入道路 3 號橋上	
			部築造工事」施工	
			3.參觀名古屋木曾川橋、揖	
			■ 斐川橋(PC-鋼複合連續	
			Extradosed 脊背橋)	
9/7	111	東京都→岐玉縣→千葉縣	1.拜訪神鋼鋼線工業株式会	東京都中央區
		→東京都	社(Kobelco)東京支店簡介	日本橋
			「橋梁鋼纜防落設施」	
			2.參觀東京隅田川新大橋	
			3.拜訪日本山葉化工東京株	
			式会社琦玉縣三鄉營業所	
			簡介橋梁基礎「壓入式沉	
			箱工法及設備」	
			4.觀摩日本山葉化工東京株	
			式会社千葉縣「北千葉道	
0.40	ш	口术市台切口、青小45.1.	路工程」松崎高架橋施工	
9/8	四	日本東京羽田→臺北松山	返程,回臺北 	



圖 2.1-1、參訪行程位置圖

2.2 参訪經過與內容

本次觀摩時程共 5 日,扣除來回班機航程,停留日本可供參觀時間僅 3 日,因參訪內容安排頗為豐富,包含橋梁工程之規劃設計、現場施工、成橋參觀及公共工程施工管理制度訪談等,而且參訪地點仙台市與名古屋市分別位居東京都之北與南,參觀行程無法安排順次接續進行,需當日往返參觀地點與住宿處(東京都)之間,雖以搭乘新幹線高速鐵路為主要交通工具,以下將參訪觀摩內容記述如后:

2.2.1 100 年 9 月 5 日參訪行程

本日参訪行程安排前往宮城縣仙台市參觀北四番丁波形鋼腹板脊背橋及拜訪日本多比(ドーピー)建設工業株式会社東京本社。

一、宮城縣仙台市北四番丁波形鋼腹板脊背橋(Extra-Dosed Bridge with Corrugated Steel Web)

北四番丁橋係屬日本仙台市建設局主辦「仙台市總合道路整備計畫」 宮城縣道 264 號四番丁大衡線之一部分(如圖 2.2.1-1),該計畫包含由仙台 市中心呈放射狀延伸之 3 環 12 放射線幹線道路網。設計顧問為復建技術 顧問株式会社,下部結構由橋本株式会社承攬施工,上部結構由多比(ド ーピー)建設工業株式会社與橋本株式会社聯合承攬施工,於 2004 年 8 月 開工,至 2006 年 6 月完工,歷時共約 23 個月。

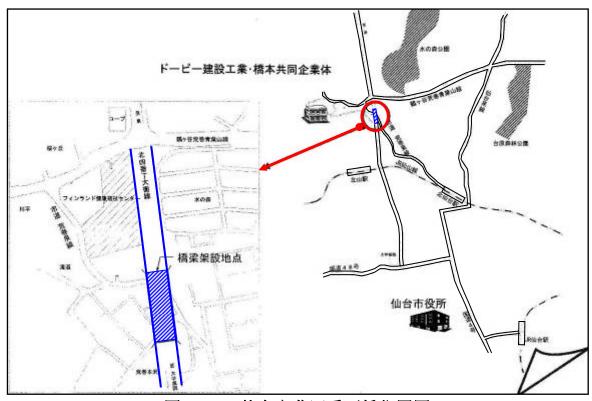


圖 2.2.1-1 仙台市北四番丁橋位置圖

橋梁跨越仙台市荒巻本沢工區,橋長 111.0m,橋寬 25.8m,其橋梁型式為 54.5+54.5m 之 2 跨連續波形鋼腹板脊背式預力混凝土橋。主梁為 1.35m~3.50m 變梁深之 3 箱室斷面設計,橋塔為中央單塔柱型式設計,外置預力鋼纜採內側雙索面(單側 6 束- ϕ 15.2mm×2×2=24 束)混合型交錯式錨碇配置(如圖 2.2.1-2~圖 2.2.1-4)。

本橋係分為波鋼梁橋段及混凝土梁段二部分施工,又因工址地點位居仙台市區,與鄰近周邊居民之日常生活道路與私有道路相交,施工期間即以對環境影響減輕至最低、施工作業需求範圍為最小之前題進行規劃,主要共分為7個階段施工,步驟流程如圖2.2.1-5。

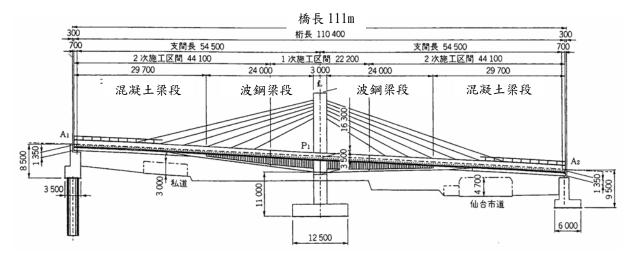


圖 2.2.1-2 北四番丁橋立面圖

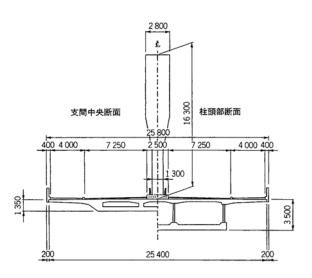


圖 2.2.1-3 北四番丁橋標準斷面圖

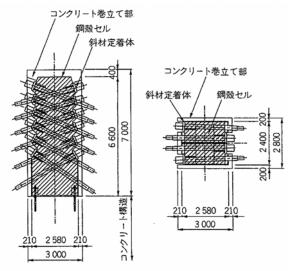
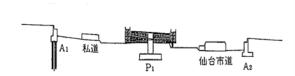


圖 2.2.1-4 鋼纜錨碇鋼箱斷面圖

步驟1 主梁第1階段施工



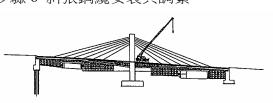
步驟 2 橋塔施工



步驟 6 斜張鋼纜安裝與調緊



步驟 3 橋塔鋼纜錨碇鋼箱安裝



仙台市道 A2

步驟7 支撐架撤除、橋面工施作



步驟 4 主梁第 2 階段施工場撐架設置

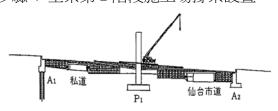


圖 2.2.1-5 北四番丁橋施工順序概要流程

本橋橋塔鋼纜錨錠鋼箱採 JIS SM 570H 高強度鋼板施作,鋼纜為環氧樹脂包覆 7 股鋼鉸線,外套高密度聚乙烯管內填充聚丙烯防蝕;波形鋼腹板材料採用 JIS SM570W 耐候性鋼板,搭配系統模板澆置之 HPC 高性能混凝土,散發出樸實的風格,自然融入於周邊地景。

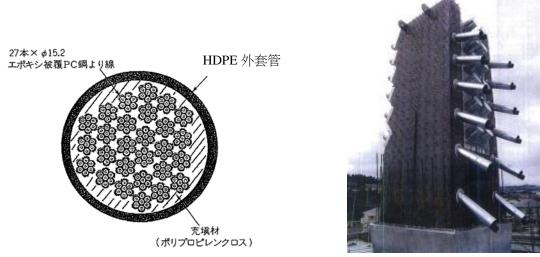


圖 2.2.1-6 斜張鋼纜防蝕設計及橋塔頂鋼纜錨錠鋼箱



圖 2.2.1-7 北四番丁橋施工期間情形





圖 2.2.1-8 北四番丁橋完工後之成橋

二、拜訪日本多比(ドーピー)建設工業株式会社東京本社訪談「橋梁工程規劃 設計」及「日本公共工程施工管理制度」

日本多比(ドーピー)建設工業株式会社隸屬於三井造船株式会社,成立於 1956 年,資本額 3 億元日幣(約合新臺幣 1.14 億元),業務夥伴主要包含:三井造船株式会社、太平洋水泥株式会社、鹿島建設株式会社、及鹿島道路株式会社。營業項目如下:

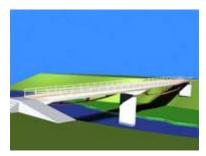
- 1. 預力混凝土工程、鋼結構工程及其他一般土木工程之規劃、設計、監造 與施工;
- 2. 水泥混凝土預製品之設計、製造與販售;
- 3. 預拌水泥混凝土製造與販售;
- 4. 園林植栽綠化事業及相關土木工程之設計、監造與施工。

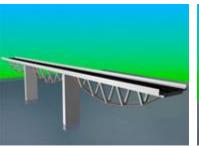
因日本多比公司對於日本海外市場開拓甚感興趣,故本次拜會訪談 頗受重視,由該公司董事長荒木映世先生親自率領董事篠崎啟二、技師 長植竹本伸一、企畫部長稻田義行、工務部長田中邦夫、技術部長立神 久雄等高級幹部接待,該公司近年橋梁技術研發重點有:

- 1. 波形鋼腹板複合梁橋工法(波形鋼板 WEB 構造)
- 2. 預力混凝土 PC 接鋼混合梁橋工法 (スプライス PC 構造)
- 3. 預力混凝土張弦梁橋工法 (大偏心外ケーブルトラス構造)(如圖 2.2.1-9)
- 4. 預力混凝土及鋼 MD 合成橋工法 (MD ブリッジ) (如圖 2.2.1-10)
- 5. 高強度碳繊維 CFRP 橋梁補強工法 (アウトプレート工法) (如圖 2.2.1-11)
- 6. 高性能輕質混凝土 (高機能軽量コンクリート)

主要工程實績計有:

- 1. 豐田東 JCT(Junction) · 匝道 C 第二橋橋梁: 本橋為跨徑配置 86+94.1+61.9=244m、梁深 3.7~6.5m、橋寬 12.86m 之三跨連續雙箱室波形 鋼腹板複合梁橋,於 P2 並設計以預製門型鋼橋墩與箱梁波形鋼腹版連接 (如圖 2.2.1-12、2.2.1-13)。
- 2. 第二名神高速道路·川越高架橋:本橋為與大林組及多比(ピーシー)橋梁 株式会社共同設計,總長 3.5 Km,主線橋為 10 跨連續、匝道橋為 7 跨連 續高架橋,以預鑄箱型梁工法施工,並為日本國內少見之大規模曲橋工 程。(如圖 2.2.1-14)。
- 3. 小河内川橋:本橋連接東九州自動車道之臼杵交流道與津久見交流道。 A1~P3 單元橋長 117m,為 3 跨連續梁橋;P3~A2 單元,橋長 157.0m、 橋寬 10.7m,為 2 跨連續波形鋼腹板複合梁橋(如圖 2.2.1-15、2.2.1-16)。
- 4. 鳥崎川河川公園橋:本橋為與三井特定建設工事共同企業體聯合承攬共同設計施工,為跨徑配置 23+33.2=57.3m、梁深 3~6m 之 2 跨連續 PC 中空床版弦梁橋。(如圖 2.2.1-17)。





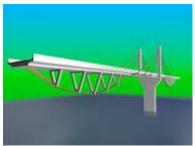


圖 2.2.1-9 預力混凝土張弦梁橋工法

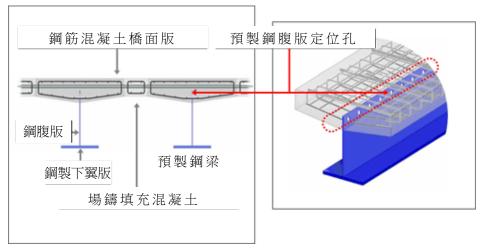
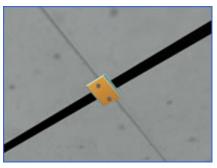


圖 2.2.1-10 預力混凝土及鋼 MD 合成橋工法





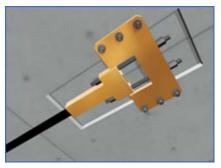


圖 2.2.1-11 橋梁補強用高強度碳纖維 CFRP 及錨具





圖 2.2.1-12 豐田東 JCT(Junction) · 匝道 C 第二橋及 P2 橋墩

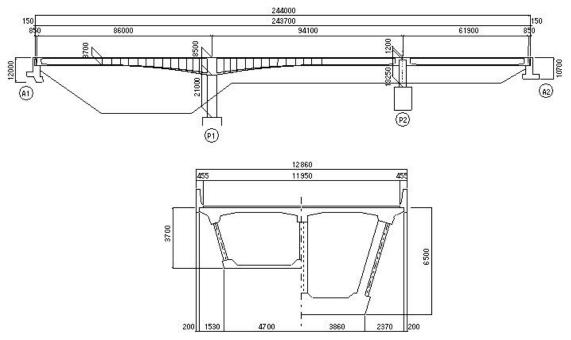


圖 2.2.1-13 豐田東 JCT(Junction) · 匝道 C 第二橋立面及標準斷面圖



圖 2.2.1-14 第二名神高速道路 • 川越高架橋及預鑄節塊箱型梁吊裝施工



圖 2.2.1-15 東九州自動車道・小河内川橋

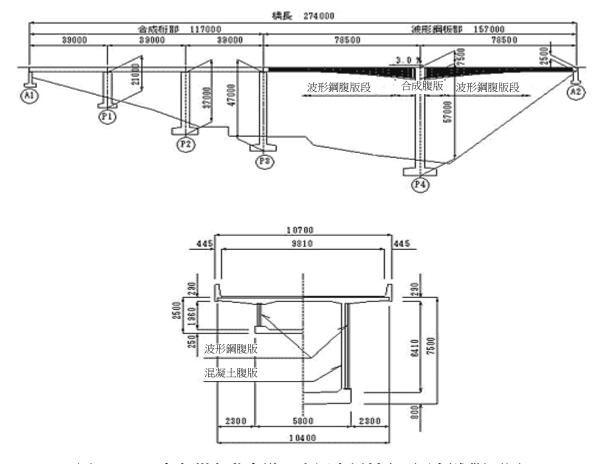


圖 2.2.1-16 東九州自動車道・小河内川橋立面及標準斷面圖



圖 2.2.1-17 鳥崎川河川公園橋

有關日本之「工程施工管理制度」原則上與我國相同,於施工期間 同樣有監造制度,不同者為日本承包商普遍對自我要求較高,並多具有 工程研發技術,不論是施工細節、施工品質及施工環境維護等都嚴謹對 待處理。另業主對於承包商亦建立有施工管理評鑑制度,而且將施工處(所) 之主要經理人員亦一併列入為考評之一部分,供作日後工程招標時廠商 資格參考。

2.2.2 100 年 9 月 6 日參訪行程

本日參訪行程安排前往靜岡縣名古屋市觀摩日本加藤(Kato)建設株式会社「地盤改良 Power Blend 工法」施工、觀摩日本日鐵一多比橋梁株式会社(NTB)「名古屋港鍋田碼頭進入道路 3 號橋上部築造工事」施工及參觀名古屋木曾川橋、揖斐川橋(PC-鋼複合連續 Extradosed 脊背橋)。

一、觀摩日本加藤(Kato)建設株式会社「地盤改良 Power Blend 工法」施工

日本加藤(Kato)建設株式会社,成立於 1970 年,資本額 1.8 億元日幣 (約合新臺幣 6,800 萬元),營業項目包含:土木工程施工、建築工程施工、地質調査、環境監測、建設用機械販賣。主要工程實績有:第二東名高速道路-名古屋南交流道(下部結構)西區工程、東海北陸自動車道-切立橋下部結構工程、成田國際物流複合基地-進入道路地盤改良工程、仙台港背後地土壤污染對策工程等。

本次觀摩為該公司與其他公司合組「Power Blend 工法協會」研發之「Power Blend」地盤改良工法,此工法係將地盤土壤改良劑(水泥、石灰粉、或預拌水泥漿等)以其特殊機具與原地盤改良區之土壤進行強力攪拌,以達到地盤改良之目的。

對於淺、中層地盤改良(3m~13m 深度)而言,相較於高壓噴射成形樁 (JSP)、雙重管灌漿工法(JSG)、隔幕灌漿、固結灌漿等點狀施工法,本工 法可適應斜坡與豎井等各種地形、連續呈帶狀或面狀施工、具自動記錄 可靠的施工管理,使得地盤改良施工相對施工較有效率、改良品質較為 均勻可靠、機動性較為優異。

「Power Blend」地盤改良工法可分以地表散佈式(最大改梁深度 3m)、粉體噴射式(最大改梁深度 6m)及改良劑(Slurry)噴射式(最大改梁深度 13m)及其他特別施工運用,所適用地盤於黏性土 SPT-N 值 = 10 程度(施工實績 SPT-N 值=17)、砂質土 SPT-N 值 = 20 程度(施工實績 SPT-N 值=32)、基礎承載層之施工實績 SPT-N 值 = 50 程度,但是當土層中具有礫石夾層或地下水位較高時,需參考地質鑽探資料,再另行檢討施工法及改良劑之適用性(如圖 2.2.2-1~2.2.2-3)。





圖 2.2.2-1「Power Blend」地盤改良工法不同施工方式運用

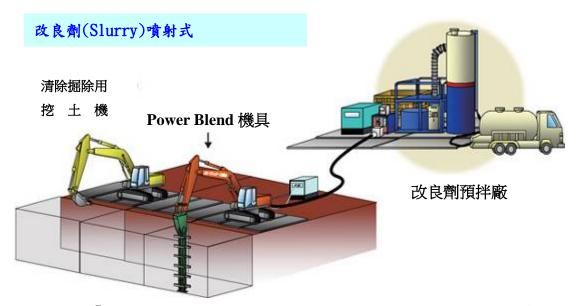


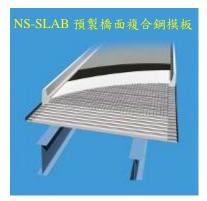
圖 2.2.2-2「Power Blend」地盤改良工法改良劑(Slurry)噴射式施工示意圖

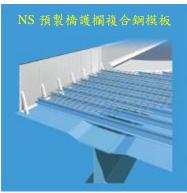


圖 2.2.2-3「Power Blend」地盤改良工法機具及施工情形

二、觀摩日本日鐵多比橋梁株式会社(NTB)「名古屋港鍋田碼頭進入道路3號橋上部築造工事」施工

日鐵多比橋梁株式会社(日鉄トピーブリッジ株式会社)係由新日鐵工程株式会社(新日鉄エンジニアリング株式会社)與多比鋼構株式会社(トピー鉄構株式会社)於2010年共同設立,資本額4.5億元日幣(約合新臺幣1.71億元),業務項目包含:日本國内橋梁工程、海外橋梁工程・鋼索橋(CABLE)、橋梁商品(NS-SLAB預製橋面複合鋼模板、預製橋護欄複合鋼模版、橋梁防蝕外飾鋼板等)(如圖2.2.2-4)、及海洋構造物。重大工程實績計有:日本名港中央大橋、東京灣橫斷道路橋、豐島大橋、韓國廣安大橋、越南芹苴(カソトー CAN THO)大橋、菲律賓第二麥格塞塞(マグサイサイ MAGSAYSAY)橋等(如圖2.2.2-5~2.2.2-10)。





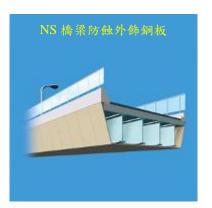


圖 2.2.2-4 日鐵公司研發各項橋梁預製商品



圖 2.2.2-5 日本名港中央大橋



圖 2.2.2-6 東京灣橫斷道路橋



圖 2.2.2-7 日本豐島大橋



圖 2.2.2-8 韓國廣安大橋



圖 2.2.2-9 越南芹苴大橋



圖 2.2.2-10 菲律賓第二麥格塞塞

名古屋鍋田碼頭係由成立於 2000 年 10 月之日本名古屋聯合鍋田碼頭株式會社經營管理,「名古屋港鍋田碼頭進入道路 3 號橋上部築造工事」即屬該公司主辦之「名古屋港鍋田碼頭進入道路計畫」,由日鐵多比橋梁株式会社(NTB)、石川島播磨重工業株式會社(IHI)及加藤(Kato)建設株式会社聯合承攬施工,本次參觀由工務所主任技師佐藤修治先生接待說明。

名古屋港鍋田碼頭進入道路 3 號橋上部結構橋寬 13.25m、梁深 2.7m~5.0m、跨徑配置 119+119=238m 為二跨單箱室連續鋼結構橋,並採高 阻尼積層橡膠支承墊(HDRB)、模組式伸縮縫、PC 包覆鋼纜防落橋設施等設計,所有栓接螺栓皆採平頭螺栓設計,因此於鋼橋段栓接組合時,可減少螺栓頭施工之相互干擾,而且橋面版若設計有防水膜時,也可確保 防水膜不被穿破損壞,影響防水效果。(如圖 2.2.2-11~2.2.2-14)

又本工程為跨河構造物,考量施工期間及營運維護之便利性,於橋梁底版及翼板下緣設計有掛環吊耳,以利施工便道(棧道)之掛設,日後也可作為橋梁檢修之利用(如圖 2.2.2-15);另工區環境維護令人印象深刻,所有工料排放整齊不見零星散置、工安告示清楚簡潔並將作業主管相片及工作職責公告週知、安全設施確實裝設以達零事故目標,如未有工區隔離設施,尚不易察覺已進入工區(如圖 2.2.2-16~2.2.2-17)。

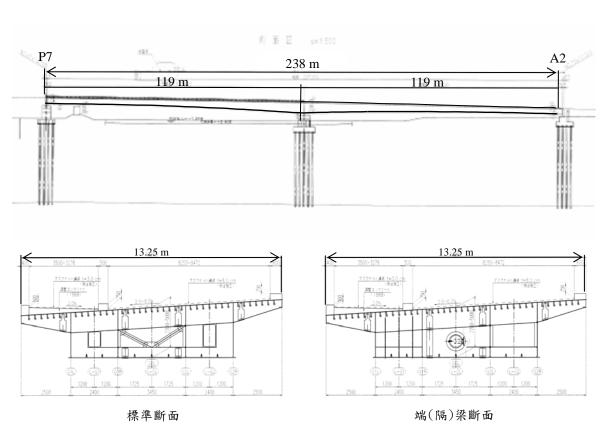


圖 2.2.2-11 鍋田碼頭進入道路 3 號橋立面及斷面圖

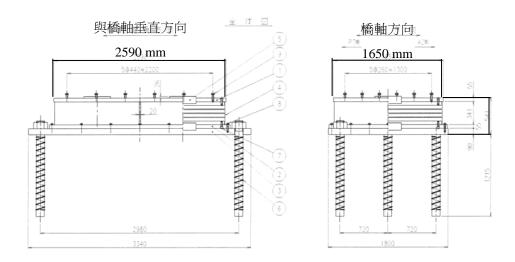


圖 2.2.2-12 高阻尼積層橡膠支承墊(HDRB)立面圖

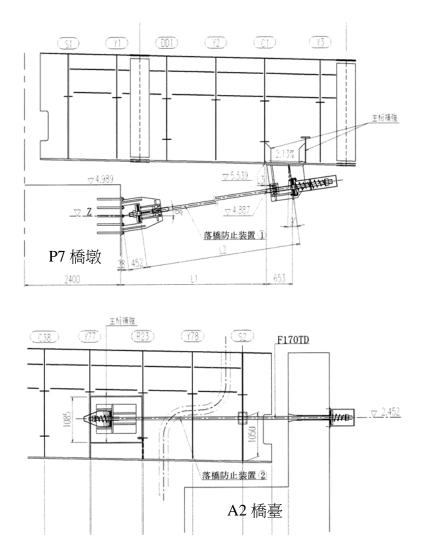


圖 2.2.2-13 橋梁防落設計立面圖

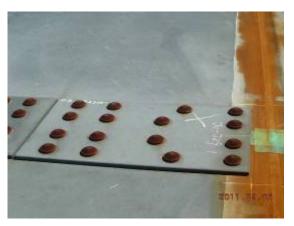




圖 2.2.2-14 箱梁內、外之平頭栓接螺栓



圖 2.2.2-15 箱梁底版預設便橋吊環



圖 2.2.2-16 工區環境維護整齊









圖 2.2.2-17 工區安衛設施

三、參觀名古屋木曾川橋、揖斐川橋(PC-鋼複合連續 Extradosed 脊背橋)

「伊勢灣岸自動車道」與「新東名高速道路」及「新名神高速道路」合併稱為「新東名神高速公路」,係完工後作為連接東京、名古屋和大阪通達日本東西的經濟大動脈。當路線來到木曾三川^維注入伊勢灣的出海口處時,以雙子星型式的脊背橋跨越(如圖 2.2.2-18~2.2.2-19),雙子星橋係採預力混凝土 PC 接鋼混合梁橋工法之中央單塔式脊背橋設計,這也是世界上第一次以此種工法設計施工之脊背式橋梁。

木曾川橋與揖斐川橋為四塔五跨及五塔六跨之連續梁設計,橋面寬 33m,橋長 1,145m 及 1,397m,最大跨徑 275m,主梁為 6.926m~3.926m 變梁深之 3 箱室斷面設計,其橋跨中央鋼梁部分長 100m(如圖 2.2.2-20~2.2.2-21),預力混凝土梁部分,則以預鑄節塊箱型梁方式施工,於岸邊適當地點設置預鑄場完成預鑄後,再以平臺船駁接至預定位置吊裝成橋。橋塔為中央單塔柱型式設計,塔高 30m,外置預力鋼纜採內側雙索面(單側 11 束- \$\psi\$ 15.2mm×2×2=44 束)扇形配置(如圖 2.2.1-22~圖 2.2.1-24)。目前本局辦理設計中的金門大橋,主橋部分即參考本雙子星橋之設計。



圖 2.2.2-18 揖斐川橋及木曾川橋(遠處部分)





圖 2.2.2-19 木曾川橋(左圖施工中、右圖完工後)

註:木曾三川:係指木曾川、揖斐川與長良川,其中木曾川為日本國內第7長河流, 長良川與揖斐川於本路段上游已先行合流。

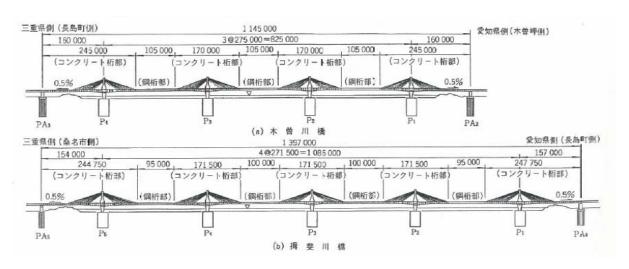


圖 2.2.2-20 木曾川橋與揖斐川橋立面圖

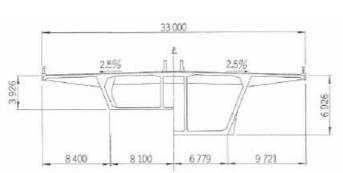








圖 2.2.2-21 木曾川橋與揖斐川橋之預鑄節塊及施工

表 2.2.2-1 木曾川橋與揖斐川橋基本資料

項目	木曾川橋	揖斐川橋	
6 士(共五)[一十	四塔五跨連續	五塔六跨連續	
結構型式	預力混凝土接鋼箱型梁脊背橋	預力混凝土接鋼箱型梁脊背橋	
橋 寬	33 m	33 m	
橋 長	1,145 m	1,397 m	
最大跨徑	275 m (包含中央 100 m 鋼梁)	271.5 m (包含中央 100 m 鋼梁)	
鋼纜配置	中央單塔-雙索面扇形配置	中央單塔-雙索面扇形配置	

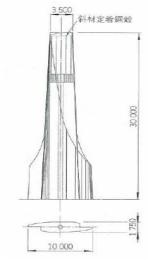




圖 2.2.2-22 木曾川橋與揖斐川橋橋塔斷面圖及施工



圖 2.2.2-23 PC 接鋼接合部節塊



圖 2.2.2-24 橋墩之 HDRB 支承

2.2.3 100 年 9 月 7 日參訪行程

本日參訪行程安排拜訪神戶鋼線工業株式会社(Kobelco)東京支店簡介「橋梁鋼纜防落設施」及觀摩東京都隅田川新大橋之橋梁防落設施、拜訪日本山葉化工東京株式会社琦玉縣三鄉營業所簡介橋梁基礎「壓入式沉箱工法及設備」及觀摩千葉縣「北千葉道路工程」之松崎高架橋施工。

一、拜訪神鋼鋼線工業株式会社(Kobelco)東京支店簡介「橋梁鋼纜防落設施」及觀摩東京都隅田川新大橋之橋梁防落設施

日本神鋼鋼線工業株式会社(Kobelco)係於 1954 年由神戶製鋼所分離獨自成立,資本額約 80.63 億元日幣(約合新臺幣 29.83 億元),公司設有技術開發、PC 鋼線事業部、彈簧與特殊鋼線事業部、鋼索事業部及工程事業部等部門,營業項目包含:鋼鉸線、預力鋼鉸線、不銹鋼鉸線、鋼索及工程施工等。有關橋梁工程之主要工程實績有:明石海峽大橋(吊橋)、多多羅大橋(斜張橋)、東神戶大橋(斜張橋)、木曾川橋(脊背橋)與揖斐川橋(脊背橋)、栗東橋(脊背橋)、東京五色櫻大橋(鋼拱吊索橋)及大阪千歲橋(鋼拱吊索橋)等(如圖 2.2.3-1~圖 2.2.3-8)。



圖 2.2.3-1 明石海峽大橋



圖 2.2.3-2 多多羅大橋



圖 2.2.3-3 東神戶大橋



圖 2.2.3-4 栗東橋



圖 2.2.3-5 名古屋木曾川橋



圖 2.2.3-6 名古屋揖斐川橋



圖 2.2.3-7 東京五色櫻大橋



圖 2.2.3-8 大阪千歲橋

本次拜訪行程,該公司介紹所生產之耐震補強產品有(如圖 2.2.3-9~ 圖 2.2.3-13):

- Bearing-Type 橋梁防落鋼纜(支壓型落橋防止ケーブ, Bearing-Type Anti-seismic Ties for Bridge)、
- Pin-Type 橋梁防落鋼纜(ピン型落橋防止ケーブ, Pin-Type Anti-seismic Ties for Bridge)、
- 限位型橋梁防落鋼纜(変位制限機能付落橋防止ケーブ, Multifunction System of Anti-seismic Ties for Bridge)、
- 防 蝕 帶 纏 捲 工 法 (防 食 テープ 卷 き 法 (Corrosion Preventive Tape Wrapping Construction Method)。

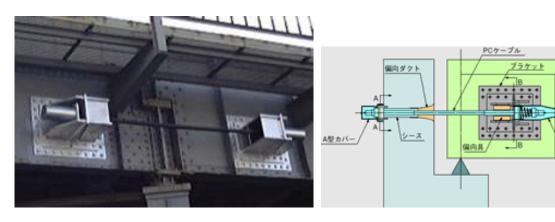


圖 2.2.3-9 Bearing-Type 橋梁防落鋼纜

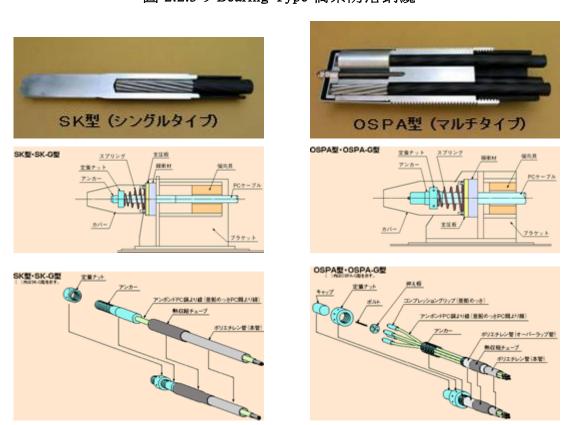


圖 2.2.3-10 Bearing-Type 橋梁防落鋼纜構造示意圖

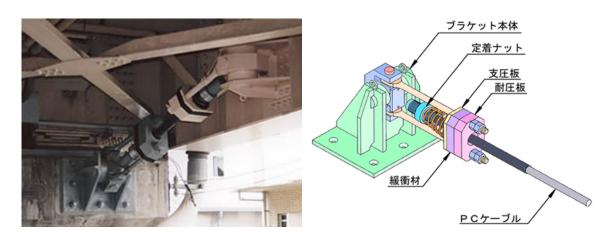


圖 2.2.3-11 Pin-Type 橋梁防落鋼纜構造示意圖

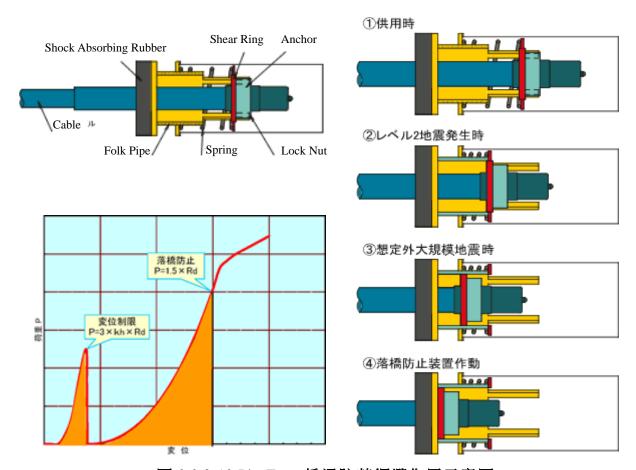


圖 2.2.3-12 Pin-Type 橋梁防落鋼纜作用示意圖

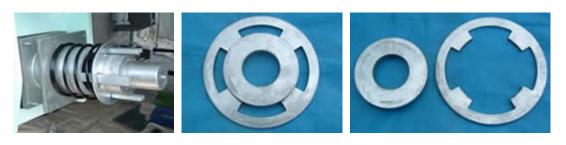


圖 2.2.3-13 剪力環(Shear Ring)於地震作用前後照片

於辦公室簡介產品後,負責簡介說明之神鋼公司工程事業部岡本大先生,帶領前往東京都內之新大橋,參觀所裝設該公司的橋梁防落產品。新大橋橫跨隅田川,西岸為中央區日本橋浜町、東岸為江東區新大橋,為連絡東京市區之東京都道-千葉縣道 50 號東京市川線(及新大橋通),係採 2 跨連續斜張鋼橋設計,橋長 170m,橋寬 24m,於昭和 52 年(1977 年)峻工(如圖 2.2.3-14~圖 2.2.3-15),而後再於耐震補強時增設相關橋梁防落設施(如圖 2.2.3-16~圖 2.2.3-17)。





圖 2.2.3-14 東京都隅田川新大橋





圖 2.2.3-15 新大橋下之管架及預留掛鉤





圖 2.2.3-16 東京都隅田川新大橋橋臺之防落設施





圖 2.2.3-17 東京都隅田川新大橋橋臺之防落設施

二、拜訪日本山葉化工東京株式会社(株式会社ヤマハ化工東京)琦玉縣三郷營業所簡介橋梁基礎「壓入式沉箱工法及設備」及觀摩千葉縣「北千葉道路工程」松崎高架橋施工

「壓入式沉箱工法」為傳統沉箱工法之改良,自1965年即開始發展,係利用油壓千斤頂及反力地錨提供壓力,將沉箱壁體壓沉入地下,以作為橋梁基礎、地下工作井、或地下構造物之壁體(如圖2.2.3-20~2.2.3-27)。「壓入式沉箱工法」之沉箱壁體可為工地場鑄式、工廠預鑄式或鋼製皆可,依據廠商所提供資料,彙整本工法與傳統開放式沉箱工法及壓氣式沉箱工法間之比較如下(如表2.2.3-1)。

經過山葉公司工事統括部長和氣輝幸先生及研究開發部長落合紘一先生對「壓入式沉箱工法」與所需設備之說明與介紹後,隨即出發至千葉縣觀摩由國 土交通省關東地區整備局主辦、該公司承攬施工之千葉縣「北千葉道路工程」 松崎高架橋基礎工程施工,及鄰近由其他公司承攬已完成之稻利川跨越橋。

由國土交通省主辦的「國道 464 號北千葉道路」係為加強成田國際機場的聯外交通,並一併強化自東京外環市川市至成田市間的東葛飾地域、千葉新市鎮(印西市)與成田市週邊地區的交通連繫,路線總長度為 47 Km。其中由千葉新市鎮(印西市)至成田市間的 14 Km,並與成田新高速鐵道進行整合,共同施作。



圖 2.2.3-18「國道 464 號北千葉道路」路線示意圖

表 2.2.3-1 不同沉箱工法之差異比較

項目	壓入式沉箱工法	開放式沉箱工法	壓氣式沉箱工法
工法概要	●利用油壓千斤頂及反力地 <u>錨提供壓力</u> 將沉箱壁體壓 沉入地下, <u>壁體尺寸可依結</u> 構需求設計。 ●可考量所自有之設備,選擇 於地面或地下開挖。 ●開挖至地下水位以下時, <u>可</u> 採水中開挖方式施工。	●利用 <u>沉箱壁體自重沉壓</u> 人地下, <u>壁體設計較厚</u> ,以增加沉設所需之額外重量。 ●可考量所自有之設備,選擇於地面或地下開挖。 ●開挖至地下水位以下時, <u>可</u> 採水中開挖方式施工。	●利用 <u>沉箱壁體自重沉壓</u> 入地下, <u>壁體設計較厚</u> ,以增加沉設所需之額外重量。 ●在沉箱底部工作面 <u>設置氣</u> 密作業室,並維持與地下水壓相同氣壓,以使工作面能在 <u>乾式環境</u> 下進行開挖及沉箱沉設作業。
適用地質條件	●於卵礫石層中,沉設過程可能遭遇之阻力,無需超挖即可以強制貫入進行沉設,。 ●於軟弱地層中,可能遭遇非預期之沉降,可以調整昇層方式強制貫入沉設。 ●於地下水位以下施工時,可採水中開挖施工,不影響地盤之穩定性。	●於卵礫石層中,沉設過程可能遭遇之阻力, 常需超控 以利下沉。 ●於軟弱地層中,可能遭遇非預期之沉降,甚或需施作鄰時支撐。 ●於地下水位以下施工時, 可 採水中開挖施工,不影響地盤之穩定性。	●於卵礫石層中,沉設過程可能遭遇之阻力, 常需超挖 以利下沉。 ●於軟弱地層中,可能遭遇非預期之沉降,甚或需施作鄰時支撐。 ●於地下水位以下施工時,因已設置氣密作業室, <u>可於乾</u> 式環境中開挖施工。
施工用地及環境需求	●地面部分,可供抓斗、吊車、棄土暫存筒及些許場地即可,用地範圍需求最小。地下部分,無特別需求。 ●狹小空間及高度受限處皆可施工,可適用於發展稠密處施工。	●地面部分,可供抓斗、吊車、棄土暫存筒及些許場地即可。地下部分,無特別需求。 ●狹小空間或高度受限處恐無法施工,無法適用於發展稠密處施工。	●地面部分,需考量額外送氣及人員減壓設備,用地範圍需求最大。地下部分,需配合設置輸氣管線,工作面需設置氣密作業室。 ●狹小空間或高度受限處恐無法施工,無法適用於發展稠密處施工。
工期及安全性	●假設工程少,可節省前置作業時間。 ●突發壯況不多,施工管理簡單,可製作輪進管制圖便於掌控施工情形,最為節省工期。 ●因採壓入式施工,不受地下水位影響,且如全套管施工般於貫入後開挖,對地盤擾動少,對鄰近既有構造物幾無影響。	●假設工程最少,可節省前置作業時間。 ●突發壯況不易掌控,施工管理需謹慎,工期常因而受影響。 ●沉設過程可能遭遇之阻力,常需超挖以利下沉,當會影響鄰近既有構造物之安全。	●假設工程最多,前置作業時間最長。 ●突發壯況不易掌控,施工管理最為嚴謹,工期常因而受影響。 ●氣壓管理不易,尚需考量氣壓設備之不斷電處理、人員減壓管理等問題,常會影響鄰近既有構造物之安全。
施工精度	●壓入千斤頂可各別控制,並借由輔助監測系統即時監整,立即修正沉箱壁體位態,施工精度最高。 ●重直精度 1/500 以下。	●僅以沉箱壁體自重沉壓,或 有超挖以利下沉,即便設有 輔助監測系統,沉箱壁體位 態 <u>不易立即修正</u> 。 ● <u>垂直精度 1/100 以下</u> 。	●僅以沉箱壁體自重沉壓,或 有超挖以利下沉,即便設有 輔助監測系統,沉箱壁體位 態不易立即修正。 ●垂直精度 1/200 以下。
施工費	●沉箱壁體依結構需求設計即可。 ●施工單純,管理容易,突發狀況少, 施工費用最少 。	●沉箱壁體較厚,以利下沉。 ●突發壯況不易掌控,或需追加輔助沉設費用,管理不 易,施工費用多。	●沉箱壁體較厚,以利下沉。 ●輔助設備多,突發壯況不易 掌控,或需追加輔助沉設費 用,管理困難, 施工費用最 多。



高架•橋梁路段

路堤路段

路塹路段

圖 2.2.3-19 「國道 464 號北千葉道路」路線標準斷面圖

北千葉道路松崎高架橋之橋長上行線 508m、下行線 467m,上行線為 12 跨連續鋼 I 梁及鋼底版混凝土合成橋面版、下行線為 11 跨連續鋼 I 梁及鋼底版混凝土合成橋面版、下行線為 11 跨連續鋼 I 梁及鋼底版混凝土合成橋面版設計,其中為免影響已營運通行中之成田新高速鐵道之結構安全,P4 橋墩及 P6 橋墩基礎採壓入式沉箱(12m×8m H=27m)設計,其餘為鋼管樁設計。

由山葉化工東京株式会社及三浦建設工業株式会社共同承攬施工部分之工作內容包含:擴展基礎 2 處(P4 橋墩及 P6 橋墩)、壓入式沉箱(12m×8m H=27m) 1 座(P6 橋墩)及緊急處理工一式,工期自平成 23 年(2011 年 3 月)~平成 23 年(2011 年)12 月,發包工程費日幣 1 億 9,425 萬元(含稅 925 萬元),折合新臺幣約 728 萬元(含稅 347 萬元)。

依施工現地地質條件,承包商規劃以 4m 為一階段循環施工,至觀摩日時已完成 3 階沉箱壁體壓入沉設,每循環作業包含沉箱壁體澆置構築、沉箱壁體壓沉、基礎開挖運棄等工作,工期約 25 天,其中包含沉箱壁體壓沉約需 4 天,壓沉階段並搭配輔助監測系統即時監控,立即修正沉箱壁體位態,故能維持高度施工精準(如圖 2.2.3-26)。

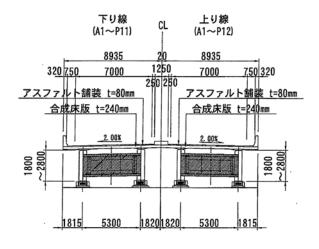


圖 2.2.3-20 松崎高架橋上部結構斷面圖



圖 2.2.3-21 松崎高架橋工區 (往方向印西市方向)

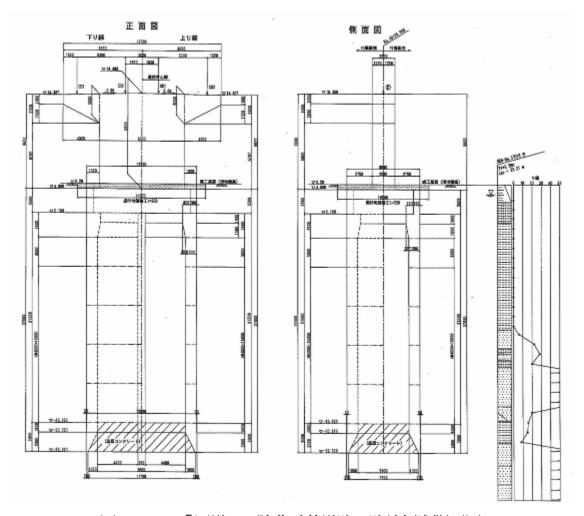


圖 2.2.3-22 「國道 464 號北千葉道路」路線標準斷面圖

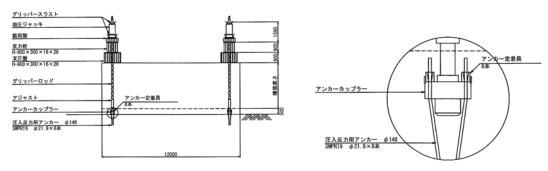
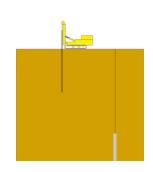


圖 2.2.3-23 壓入式沉箱壓入千斤頂系統示意圖





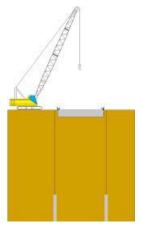


STEP-1:施作反力地錨

鑽設反力地錨

反力地錨試拉拔

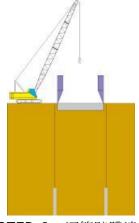
圖 2.2.3-24 壓入式沉箱施工順序概要(一)



STEP-2:整地、墊木、金屬刃口設置



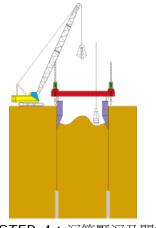
整地、墊木、金屬刃口設置



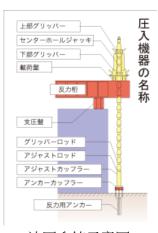
STEP-3: 沉箱壁體澆置構築



沉箱壁體澆置構築



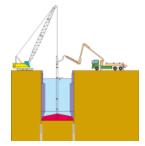
STEP-4: 沉箱壓沉及開挖



油壓系統示意圖



沉箱基礎開挖



STEP-5: 底版混凝土澆置



圖 2.2.3-25 壓入式沉箱施工步驟示意圖(二)



圖 2.2.3-26 壓入式沉箱施工現場施工照片(一)





圖 2.2.3-27 壓入式沉箱施工現場施工照片(二)











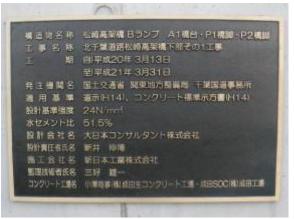


圖 2.2.3-28 松崎高架橋已完工部分現場照片

三、心得與建議

本次觀摩參訪之安排,包含橋梁工程之規劃設計、現場施工、成橋參觀及 公共工程施工管理制度訪談等,行程地點為日本東京都中央區、宮城縣仙台 市、靜岡縣名古屋市、千葉縣等地之橋梁施工相關工程,有關參訪觀摩後心得 綜整如後:

- (一) 橋梁工程在追求完美的結構力學設計下,朝向以更大跨徑、更輕巧、更柔美的方式與環境共存,已是不可逆轉之趨勢,日本在複合式橋梁工法的研究上不遺餘力,也多有實踐並成效斐然,除能更有效率的發揮材料性能以滿足結構的需求外,也符合現今不浪費、減少消耗、節省能源的普世精神,因此複合式橋梁工法將是未來橋梁設計之主流。
- (二) 在日本參訪期間,觀察沿途所經過的橋梁結構設計,發現其耐震防落設施 均以鋼纜式設計,與本國以鋼棒式之防震拉條不同,且鋼橋部分,亦多有 使用耐候性鋼材(ASTM A588 規格),經請教陪同參訪之日籍工程師表示, 因鋼纜式橋梁耐震防落設施所能提供游移量較大,而且在不同橋型銜接處 (如 PC 梁與鋼梁銜接處),不會因隔梁位置差異無法設置,另使用耐候性 鋼材,也可以減輕日後養護的工作。

依國內產業情形考量,鋼纜式橋梁耐震防落設施的生產製作與品管檢(試) 驗要求均較鋼棒式為高,且材料供應廠商數量較少,而且該設施尚可以適 當的橋梁防落長度、設置止震塊等其他方式加強橋梁的耐震防落性能,故 鋼纜式橋梁耐震防落設施於本國的運用尚需研議。

另有關耐候性鋼材(ASTM A588 規格)於本國國道工程運用,因地理環境的差異,臺灣地區較為悶熱潮濕,鋼材若無適當保護,其銹蝕速度相當快速,且耐候性鋼材之使用成本較一般橋梁及結構用鋼材(ASTM A36 及A709)為高,如果鋼材成本能夠拉近,使工程費用與後續養護節省費用能夠平衡,則後續位於屬較乾燥氣候地區-南臺灣高雄的<u>國道 7 號高雄路段</u>工程之部分路段,如需設置鋼橋,其鋼橋材質或可考量使用耐候性鋼材。

- (三)臺灣地區的天候不穩定,常常足以影響路工工程的施工品質與進度,而且 多變的地質環境,也常需進行地盤改良以增加基礎承載力,日本發展的<u>地</u> 盤改良「Power Blend 工法」,具有施工快速、品質均一、品管簡易的優 點,且可利用現有挖溝機改裝的便利性,並可適用於不同深度的地盤改良 需求,因此應可於國內推廣運用。
- (四)基礎沉箱施工並非新發展的工法,但先前於臺灣地區的運用,受諸多不確 定因素的影響,以致於工程品質不高、工期不確定,甚或需增加額外輔助 措施緊急處理,造成工程費大幅追加。「壓入式沉箱基礎」係為傳統式沉 箱工法之改良,於日本地區多運用於河川、水域或地下水位較高地區,其 他地區部分則仍舊設計以全套管基樁工法或鋼管樁工法施作。本局後續辦

理計畫,多位於發展稠密地區或丘陵山區,可供工程施工使用用地範圍有限,依日本公司簡介人員所提供之資料與現場參訪結果,「壓入式沉箱工法」對於本局後續辦理計畫似有可供利用處,後續將請相關顧問公司研議其運用之可行性。

- (五) 在日本,承包商多具有研究發展能力,本次參訪之各種施工法,亦皆籌組有相關工法研究會,以研究分析、制定規範及推廣運用,而且律己甚嚴,此對公共工程施工品質之提昇,相當有幫助;另日本公共工程之主辦機關對承包商亦進行施工評鑑,評鑑對象並包括承包商之主要工程經理人,評鑑成績將以作為日後承包商投標評選項目之一,諸此種種皆對推昇公共工程品質多有助益,本局後續計劃或可將承包商施工評鑑(包含對主要工程經理人之評鑑)列入施工管理之一環,並可作為後續招標評選項目之一,以再提昇施工之品質。
- (六) 附記,參訪期間係住宿於東京都市區中央區之日本橋附近,日本公路管理機關於日本橋橋頭設置有日本公路里程基準原點一處(如圖 3-1),由此點向四方起計里程發展日本公路交通網,常吸引遊客駐足觀賞,**建議釣部或可研議仿效,擇定國內一處公路交匯起點,設置我國公路里程基準原點**,並可供遊客觀覽。





圖 3-1 日本公路里程基準原點