

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

**出國報告名稱：**研習老舊鐵塔汰換之設計及施工技術

頁數 17 含附件：是 否

**出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：**台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

**出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話**

張德星/台灣電力公司/輸變電工程處南區施工處/電機工程監/(07)357-2144

**出國類別：**1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

**出國期間：**107年11月12日至107年11月17日

**派赴國家/地區：**日本

**報告日期：**108年1月15日

**關鍵詞：**電力系統(Electric Power System)、輸電電網(Transmission Grid)

**內容摘要：**(二百至三百字)

本(台電)公司架空輸電線路遍及全島，面對近年極端氣候環境變遷之挑戰，整個電力系統最大風險無疑是暴露在外的電網部分，無形增加供電安全與維護之困難度，而回顧台灣近幾年限電歷史，幾乎都與電網有關，所以老舊鐵塔汰換工作無非是重要的課題。

綜觀本公司實行多種老舊鐵塔汰換的施工方式，針對年限已久的老舊鐵塔當列為首要對象，惟隨著時間的推進，更換老舊鐵塔的需求日益增多，且部分老舊鐵塔型式面臨用地範圍及購地作業問題，無非間接增加汰換建置成本與更換時程，故若能參習國外施工技術或配合限制條件開發設計新鐵塔型式方法，以提升汰換老舊鐵塔效率，並縮短時程及優化工法程序，則可加速提高輸電電網的強韌度，以增加供電安全與降低強固電網建置成本。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網 (<https://report.nat.gov.tw/reportwork>)

出國報告（出國類別：實習）

## 研習老舊鐵塔汰換之設計及施工技術

服務機關：台灣電力公司輸變電工程處南區施工處

姓名職稱：張德星 電機工程監

派赴國家：日本

出國期間：107年11月12日至107年11月17日

報告日期：108年1月15日

## 摘要

本(台電)公司架空輸電線路遍及全島，對面近年極端氣候環境變遷之挑戰，整個電力系統最大風險無疑是暴露在外的電網部分，無形增加供電安全與維護之困難度，而回顧台灣近幾年限電歷史，幾乎都與電網有關，所以老舊鐵塔汰換工作無非是重要的課題。

綜觀本公司實行老舊鐵塔汰換設計及施工技術為例，係有採更換鐵塔部分構件、遷建於新設鐵塔及鐵塔包建方法等，其中近期以包建單回線側輪流停電，以維持原既有線路供電調度之汰換施工方法正方興地執行中，而針對年限已久的老舊鐵塔當列入首要優先汰換，惟隨著時間的推進，更換老舊鐵塔的需求日益增多，故赴外參研施作技術有其必要性。

目前的鐵塔汰換工作，亦有部分老舊鐵塔型式無法僅使用既有用地範圍，須另購置擴大用地範圍，然因上述購地作業無非間接增加汰換建置成本與更換時程，故若能參習國外施工技術或配合老舊鐵塔條件開發設計新鐵塔型式方法，以提升汰換老舊鐵塔效率，並縮短汰換老舊鐵塔時程及優化工法程序，則可加速提高輸電電網的強韌度，增加供電安全穩定度與降低強固電網建置成本。

本文共分四個章節，第一、二章說明出國目的及行程，第三章說明日本輸電鐵塔汰換設計及施工技術介紹，第四章為出國實習計劃心得分享與建議事項。

關鍵詞：

電力系統(Electric Power System)

輸電電網(Transmission Grid)

# 目錄

第 1 章 實習目的.....	1
第 2 章 實習行程.....	2
第 3 章 日本輸電鐵塔汰換設計及施工技術介紹.....	4
第 1 節 鐵塔受風力承載之監測設計.....	4
第 2 節 鐵塔設計－3 次元系統程式.....	6
第 3 節 耐震解析方式與鐵塔受震損傷修復補強之工法案例.....	7
第 4 節 鐵塔部分構件更換工法.....	9
第 5 節 鐵塔銹蝕檢測及維護.....	12
第 6 節 施工現場實習案例.....	13
第 4 章 心得與建議.....	16

# 圖目錄

圖 2-1 實習行程照片 .....	3
圖 3-1 鐵塔設置偵測感應器及設備監測示意圖.....	4
圖 3-2 鐵塔受風力承載之監測解析示意圖.....	5
圖 3-3 颱風侵襲時鐵塔線路 3D 動態變形圖.....	5
圖 3-4 鐵塔受 8 個風向分析示意圖.....	5
圖 3-5 3 次元系統程式鐵塔設計步驟示意圖.....	6
圖 3-6 鐵塔線路受震時 3D 動態模擬解析示意圖.....	7
圖 3-7 熊本地震震度顯示圖.....	7
圖 3-8 主柱材地震受損示意圖.....	7
圖 3-9 熊本地震受損鐵塔補強修復規劃概要圖.....	8
圖 3-10 新舊鐵塔干涉抵觸問題 3D 模擬解析示意圖.....	8
圖 3-11 受損鐵塔補強修復完成圖.....	8
圖 3-12 構件拆除應力分析流程示意圖.....	9
圖 3-13 鐵塔部材拆除補強和結構形狀矯正示意圖.....	10
圖 3-14 鐵塔部材拆除補強裝置安裝示意圖.....	10
圖 3-15 現場鐵塔部材拆除補強裝置安裝示意圖.....	11
圖 3-16 鐵塔部材更換施工前後示意圖.....	11
圖 3-17 鋼管型鐵塔銹蝕檢測及維護示意圖.....	12
圖 3-18 鋼管鐵塔厚度超音波診斷檢測示意圖.....	12
圖 3-19 本次實習現場—66kV 西大分篠原線工程概要圖.....	13
圖 3-20 本次實習現場—66kV 西大分篠原線工程新設 No.10 安裝示意圖.....	14
圖 3-21 本次實習現場—500kV 東九州幹線 No.124~No.127 縱斷平面圖.....	14
圖 3-22 本次實習現場—500kV 東九州幹線 No.127 換線準備監視與作業示意圖.....	15
圖 3-23 本次實習現場—500kV 東九州幹線 No.124~No.127 換線工程相關告示圖... ..	15
圖 4-1 架空輸電線路鐵塔汰換施工規劃作業流程示意圖.....	17

## 表目錄

表 2-1 實習行程.....	2
-----------------	---

## 第1章 實習目的

由於台灣係屬於複合式天災環境之海島型國家，其中連繫串聯整個電力系統命脈為戶外環境的輸配電電網部分，無非受極端氣候威脅影響最大，而任何一座輸電鐵塔更是可能影響大區域範圍穩定供電的關鍵所在，惟許多早期興建的鐵塔年限已久或長年受鹽害侵襲有銹蝕情形，故鐵塔亟需相關補強或汰換等積極作為來因應。

惟，隨著都市蓬勃發展，民主意識高漲，許多輸電工程建設往往受抗爭而窒礙難行，實難以在維持供電穩定及兼顧人民權益之間權衡，如能研習老舊鐵塔於原址汰換改建，既可提高鐵塔強度，亦不須新增鐵塔用地而產生廢塔地，實為從事電力業者當前所考量的重要課題，而日本對於老舊鐵塔汰換之設計及施工技術已有很多實例與經驗，本公司目前鐵塔汰換工作所使用的包建方法就是由日本協助開發，所以非常值得研習與借鏡，希透過此次實習行程吸取日本的鐵塔設計及施工技術，期能加強及精進目前推動鐵塔汰舊換新之規劃設計及施工技術等相關工作，使工程實務得以更優化精進推展。

另外老舊鐵塔所能承受的實際應力，可能已不若新設鐵塔之設計承荷應力，故能參習日本老舊鐵塔汰換施工各考量層面，以增加執行是項任務俾達更趨周密規劃，對於鐵塔所構成的輸電電網可靠穩定度，以及工作安全相信必能相對地有效提昇。

本次出國實習係至日本鐵塔工業株式會社(Japan Steel Tower Co.，以下簡稱 JST 公司)及九建株式會社(以下簡稱 Kyuken 公司，為日本九州電力株式會社子公司，主要業務為輸電線路的建設、維修及維護工作)，研習日本老舊鐵塔汰換之設計及施工技術發展，並蒐集相關技術資料，於行前另彙整近期有關本公司本議題之相關資料及問題，順道於實習期間與日本技術公司相互交流研討鐵塔汰換之經驗，以達輸供電事業部穩定電力傳輸及永續經營之目標。

## 第2章 實習行程

本次出國行程及實習內容如表 2-1 所示：

表 2-1 實習行程

題目：研習老舊鐵塔汰換之設計及施工技術		
日期	行程	地點
107 年 11 月 12 日	往程	高雄－福岡
107 年 11 月 13 日	日本鐵塔工業株式會社 (JST 公司)	北九州(含若松工廠參觀)
107 年 11 月 14 日~15 日	施作現場觀摩	大分
107 年 11 月 16 日	九建株式會社(Kyuken 公司)	福岡
107 年 11 月 17 日	返程	福岡－高雄

107.11.13 先至日本北九州位於若松區的 JST 公司工廠，該行公司先進行簡介概要、鐵塔製程及設計流程說明會議，會中簡報其設計原理與相關技術發展，之後再赴 JST 公司工廠參觀其鐵塔構件製造過程，可發現工廠設備雖看似較為老化傳統，但加工裝置卻結合遠端電腦所傳輸的分析數據，以達成自動化生產，惟部分生產程序(如熱浸鍍鋅及檢驗品質等)，仍須以傳統人力施作及嚴密監控，其產品的客製化程度，可符客戶的多元化需求。

107.11.14~11.16 則是到 Kyuken 公司架空線工部所轄區域施工現場觀摩，並進行綜合問題的總研討，在日本工地現場的實習過程，可發現令人驚奇的一些巧思工具，以及井然有序的器材整備與工程告示資訊，其工地規劃確實值得學習及參考，這次能有機會到日本從事架空線路的工事現場觀摩，實受益良多。



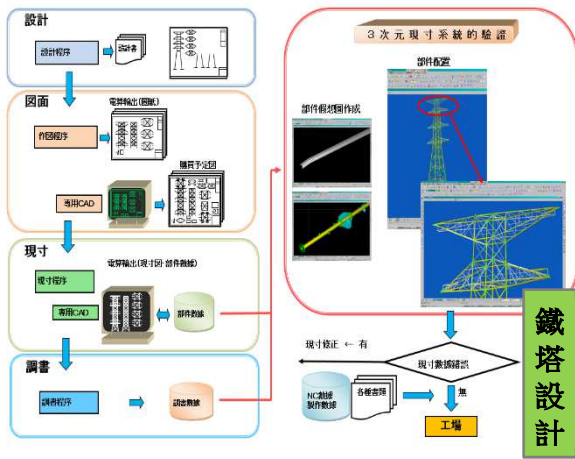


圖 2-1 實習行程照片

### 第3章 日本輸電鐵塔汰換設計及施工技術介紹

本章即進行簡介實習題目及與廠商相互交流之心得，內容包括鐵塔受風力承載之監測設計、3 次元設計系統程式、耐震解析方式與受震損傷修復補強之工法案例、鐵塔部件構件更新方法、鐵塔銹蝕檢測維護及施工現場實習案例等。

#### 第1節 鐵塔受風力承載之監測設計

由於受近代極端氣候影響下，日本對於輸電鐵塔所受風力承載的設計分析，不再僅以颱風標準數據進行鐵塔載荷設計，而是在鐵塔以儀器進行監測搜集資料分析，如示意圖 3-1 所示，於鐵塔上每間隔不同之高度，設置超音波風速計及 LED 光學式變位計等，其所測得數據經分析比對解析值，確定風力影響基礎理論值成立，俾以進行分析設計及建立標準化法規。



圖 3-1 鐵塔設置偵測感應器及設備監測示意圖(JST 公司提供)

上述所測得風力對鐵塔影響的相關數據(變位值與加速度值)，即依此變化數據(即鐵塔資料 TOD，Tower of Data)，輸入所開發的系統進行解析，得出模組轉化資訊(鐵塔 3D 圖)，並模擬出導線已架設於鐵塔上之連成系解析(Tower Cable Resp)，以求得應力數據表格，確定鐵塔符合架線應力需求後，俾進行鐵塔各部構件製造，解析過程詳如示意圖 3-2 所示。

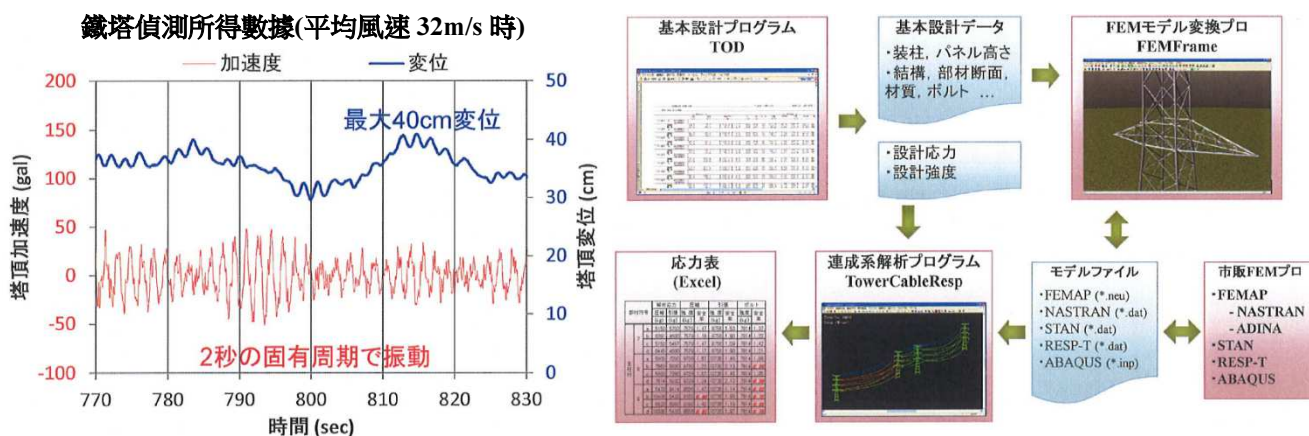


圖 3-2 鐵塔受風力承載之監測解析示意圖(JST 公司提供)

該公司透過所開發的程式，另可模擬出架線完成後，受颱風侵襲時不平均張力作用時的 3D 動態變形圖(詳如示意圖 3-3 所示)，以分析觀察受颱風侵襲結果之檢測，制定現今受極端氣候的新設計準則，該準則係以 8 個風向別作分析基礎，實際運用上可得出導線所受最大及最小風荷重的架線施工方向，以進行施工規劃(詳如示意圖 3-4 所示)，其新的設計標準另送請日本電氣規格調查會修訂新的法規(JEC，Japanese Electro Technical Committee)，俾供依循辦理。

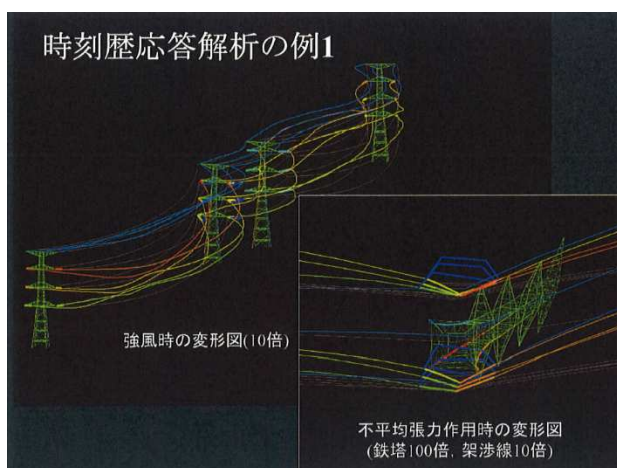


圖 3-3 颱風侵襲時鐵塔線路 3D 動態變形圖 (JST 公司提供)

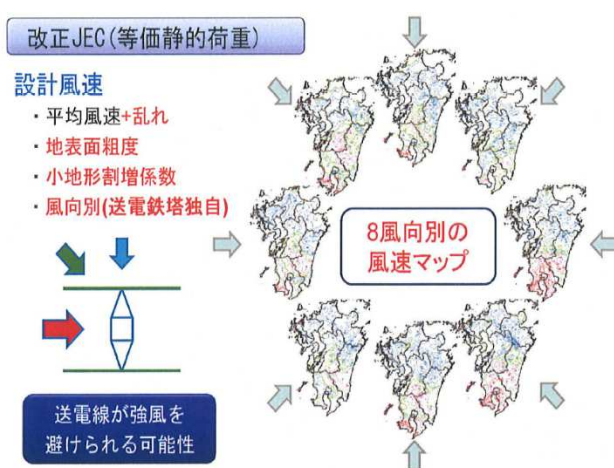


圖 3-4 鐵塔受 8 個風向分析示意圖 (JST 公司提供)

## 第2節 鐵塔設計—3 次元系統程式

過去 JST 公司全盛時期員工人數達 1 千多名，其中大量的人力亦投入在鐵塔設計作業上，惟在人力的招募越趨不易，加上電腦計算能力大躍進，近百年企業的 JST 公司遂自行開發出鐵塔設計演算功能強大的分析程式，稱之為「3 次元設計系統程式」，該程式係由該公司大批晉用的工學博士與資深專業技術員工研擬撰寫而成，其功能具有鐵塔設計、應力強度解析、3D 模擬現寸放樣解析及單獨構件尺寸製造規格輸出等功能，係外掛於 AutoCad 軟體的顯圖程式，擬分析之個案依作業流程步驟，並檢視 3D 圖驗證結果無誤後，俾交付工廠製造，相關步驟為平面解析設計、電腦計算繪圖、模擬現寸放樣及製造構件尺寸數據工作文件等，詳如示意圖 3-5 所示，模擬驗證完成後，無須像傳統方式再於現場試組裝為其強大功能之一，目前 JST 公司所有員工人數已縮減至 2 百多人，使用本套軟體其產能依然可維持高效率地營運，且更能達成顧客的客製化需求，而這樣的改變，也使得同行的台灣鐵塔公司人員讚許不已。

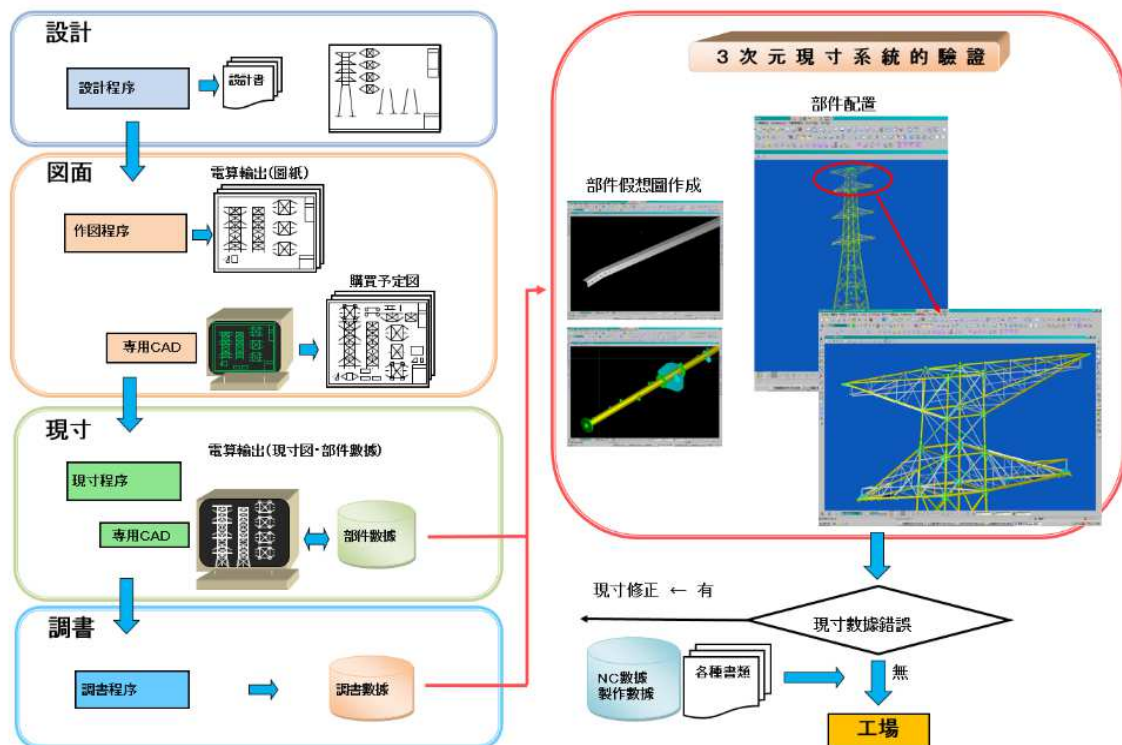


圖 3-5 3 次元系統程式鐵塔設計步驟示意圖 (JST 公司提供)

### 第3節 耐震解析方式與鐵塔受震損傷修復補強之工法案例

日本與台灣相同受有複合式天災的環境，其中地震的影響更甚於台灣，該國在歷經東北地方太平洋近海地震後(311 地震)，也再進行了鐵塔耐震的全盤性評析，而 JST 公司即使用前節所介紹的軟體(詳如示意圖 3-6 所示)，以 311 地震等級模擬鐵塔受震的 3D 動態圖解析結果，供日本電氣規格調查會(JEC, Japanese Electro Technical Committee)修訂新的設計標準法規參考依據。

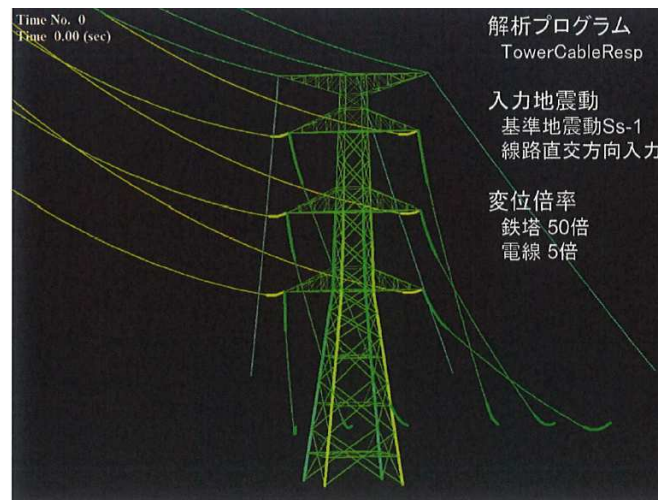


圖 3-6 鐵塔線路受震時 3D 動態模擬解析示意圖(JST 公司提供)

於 2016 年 4 月時，與 JST 公司工廠同為九州地區的熊本，發生了地震規模達 7.0 的強震(詳如圖 3-7 震度顯示圖所示)，造成該地區嚴重的災情，其中輸電鐵塔也有遭受損害的情形(詳如圖 3-8 熊本地震造成鐵塔主柱材受損示意圖)。

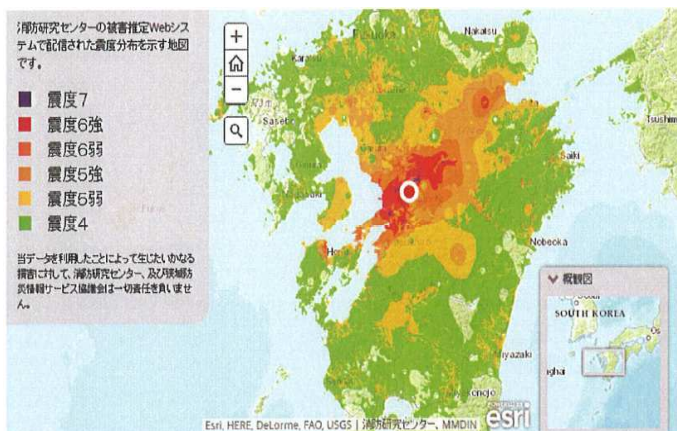


圖 3-7 熊本地震震度顯示圖

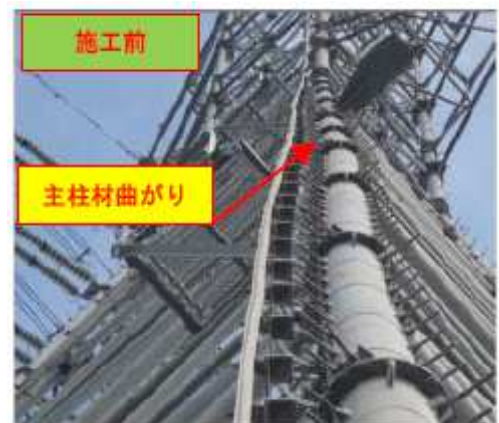


圖 3-8 支柱材地震受損示意圖(JST 公司提供)

JST 公司承接了送電中受損鐵塔的修復補強設計與製造，再委由 Kyuken 公司進行現場施工作業，因受損鐵塔仍供電中，九州電力公司業主要求須保持一回線送電，且停電天數應盡量減少，因考量上述需求及鐵塔主柱材已彎曲條件之下，JST 公司初步規劃採外包建輪流停電方式補強修復(詳圖 3-9 初步規劃概要圖所示)，且不拆除既設鐵塔及不進行導線移架施工，以減少停電施工的天數，惟因既設鐵塔不拆除的情況下，新設鐵塔在設計製造前即須考量相互間會有干涉牴觸的問題，JST 公司一樣透過其自行開發的 3 次元系統程式，進行 3D 模擬解析對鐵塔構件干涉及構造驗證(詳圖 3-10 新舊鐵塔干涉牴觸問題 3D 模擬解析示意圖所示)，檢測確定新舊塔搭接處與安裝後無干涉牴觸問題，以及補強後應力達符合標準，以該程式再輸出鐵塔各部構件尺寸交付工廠進行製造，其現場安裝完成組裝圖如圖 3-11 所示。

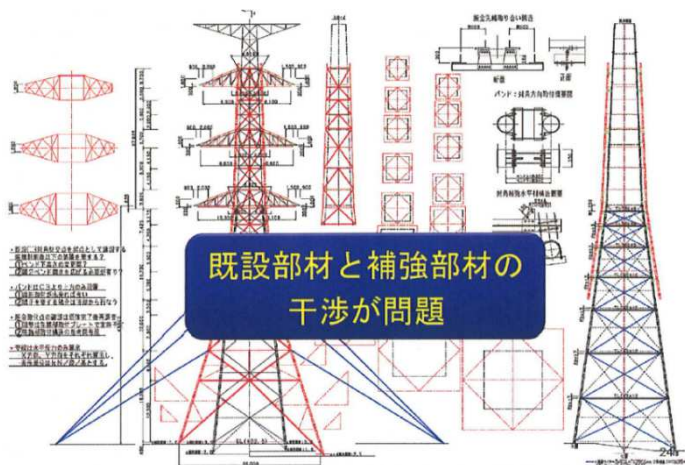


圖 3-9 熊本地震受損鐵塔補強修復規劃概要圖



圖 3-11 受損鐵塔補強修復完成圖

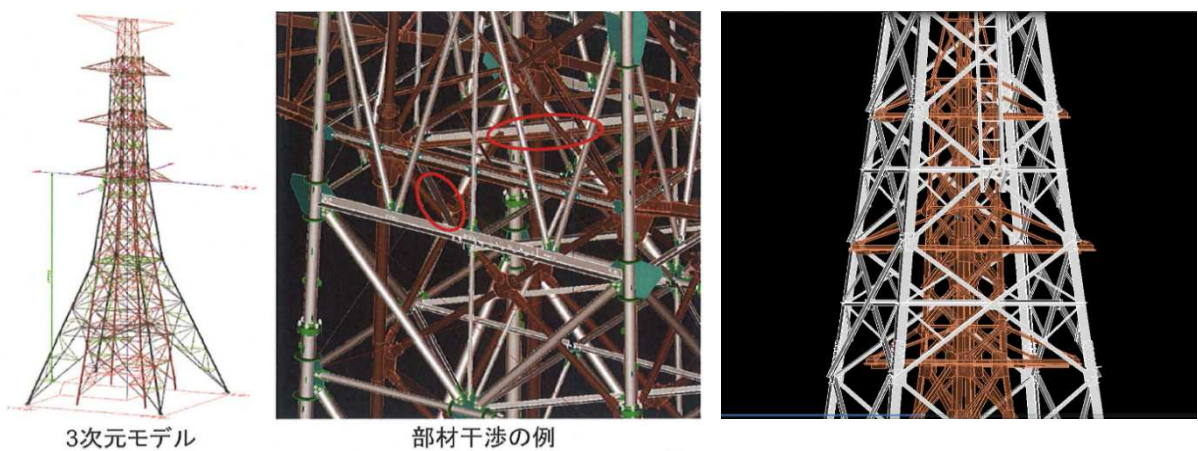


圖 3-10 新舊鐵塔干涉牴觸問題 3D 模擬解析示意圖(JST 公司提供)

## 第4節 鐵塔部分構件更換工法

### ● 部分構件更換設計規劃

由於日本輸電鐵塔同樣有高鹽害的環境，鐵塔有經年受侵害造成銹蝕的問題，鐵塔部分構件如銹蝕嚴重經檢測有影響安全之虞，電力業主在成本與維持供電安全等因素的考量之下，即辦理部分已腐蝕構件更換的要求，因銹蝕鐵塔大多尚處於已架線受力狀態，須進行檢討分析，初步規劃流程為：

- 1.實際條件整理(即整理架線條件下之設計風速及如須移線的條件)。
- 2.實際荷重計算(依據實際條件通過平面分析，計算出電塔全架線狀態下產生的實際應力)。
- 3.構件拆除分析(透過3次元系統程式立體模型分析計算構件拆除的應力，其須考量部分構件拆除型式、重量、水平角度荷重、拆除時不平衡荷重及8個方向的風壓等，詳如圖3-12構件拆除應力分析流程示意圖)。
- 4.強度評估(構件及螺栓的安全性評估)。
- 5.補強裝置的設計(針對強度不足部分的補強裝置設計)。

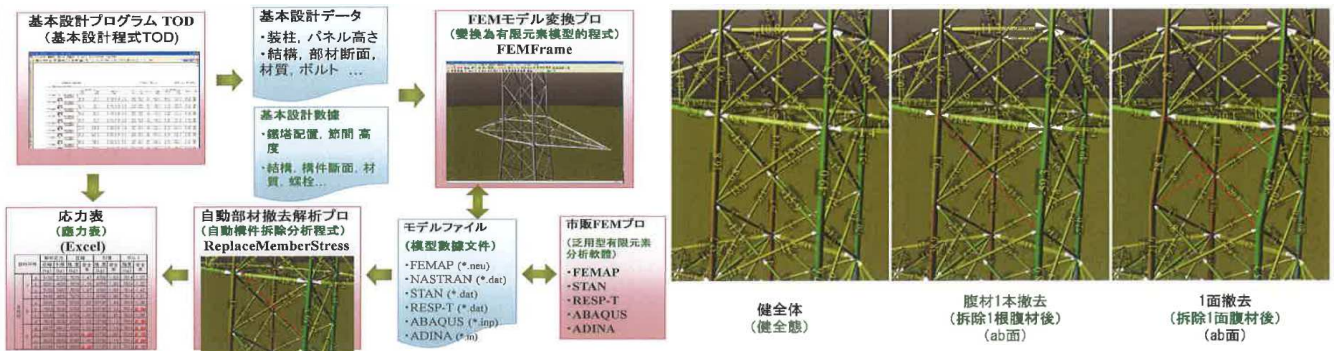


圖 3-12 構件拆除應力分析流程示意圖(JST 公司提供)

上述補強裝置設計係依據構件拆除分析及強度評估來進行規劃作業，因鐵塔處於已架線受力狀態下，會產生的不平衡應力即靠著補強裝置來矯正抵銷，即透過增設水平補強裝置和斜向拉緊裝置，構成在建築學上所謂的普拉特桁架（pratt truss）結構以進行補強，通過拉緊水平荷重反方向的斜向裝置，矯正變形的結構並消除應力，其原理概要詳如圖3-13補強和結構形狀矯正示意圖所示。

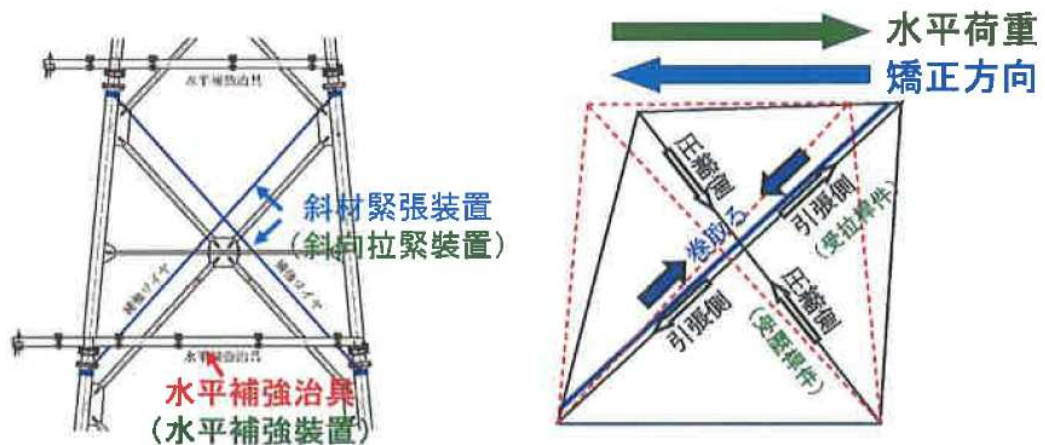


圖 3-13 鐵塔部材拆除補強和結構形狀矯正示意圖(JST 公司提供)

### ● 部分構件更換補強裝置及現場安裝

為能解決鐵塔部分構件拆卸更換時，產生應力破壞的問題，JST 公司開發出補強裝置以進行劣化鐵塔腹材的標準交換工法，其設備安裝使用示意詳圖 3-14 所示。

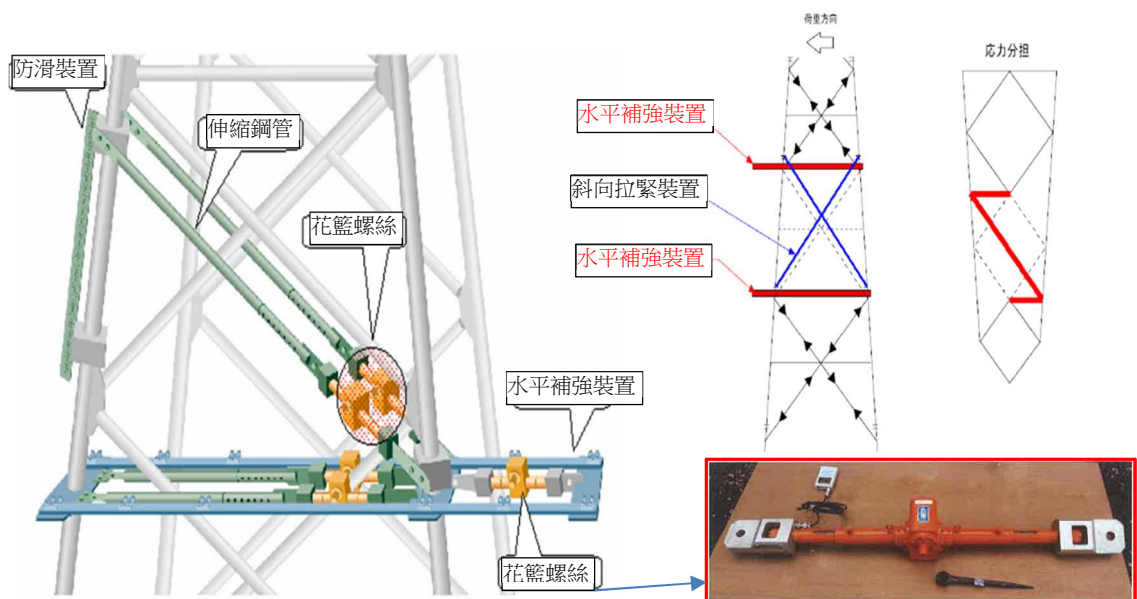


圖 3-14 鐵塔部材拆除補強裝置安裝示意圖(JST 公司提供)

另外在現場進行鐵塔部分構件更新施工作業時，必須注意的事項有：

- 1.現場作業條件(須安裝風速計，隨時監測風速，當風速達到 10m/s 以上時即中止作業)。
- 2.鐵塔補強(須先對於強度不足的節間進行補強後再更換，斜向拉緊裝置須安裝測力儀，隨時監視荷重)。



- 3.補強裝置安裝【盡可能靠近主柱材和腹材的交叉點(節點)安裝；如設定到了節點的距離限制，則必須在限制距離內安裝；如需要切除腳踏螺栓及焊接件，則須在施工後安裝捆綁型腳踏螺栓】。
- 4.水平補強裝置(初期塔內外的拉力保持 500kgf)。
- 5.斜向拉緊裝置(初期以 500kgf 力拉緊；拆除構件時通過螺栓的鬆緊程度可以大約估計構件的受力大小；如螺栓難以拆卸，則通過鬆開受壓腹材方向的斜向拉緊裝置，來拉緊受拉腹材方向的斜向拉緊裝置，使其矯正結構形狀)。
- 6.構件拆除後須當日安裝完成(因為設計採用的是施工時的風速，所以須在拆除當日安裝完成新構件)，現場安裝示意詳如圖 3-15 所示，部材更新施工前後如圖 3-16 所示。

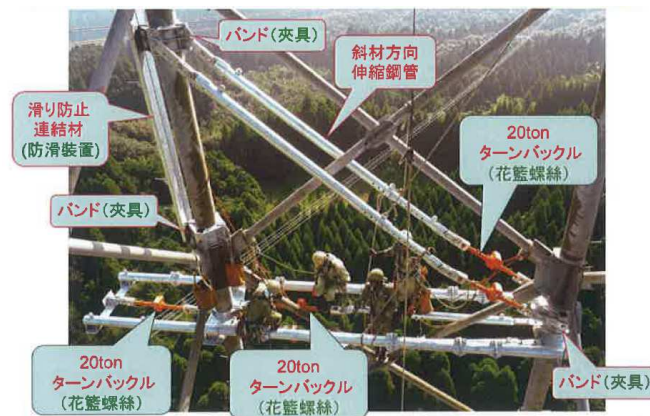


圖 3-15 現場鐵塔部材拆除補強裝置安裝示意圖(JST 公司提供)



圖 3-16 鐵塔部材更換施工前後示意圖(JST 公司提供)

JST 公司所開發的部分構件更換補強裝置，係使用於日本較高載荷的鋼管型鐵塔，相關夾具不適角鋼型鐵塔使用，因角鋼型鐵塔承載力量不若鋼管型鐵塔大，JST 公司表示角鋼型鐵塔更換一般以拉吊機及拉支線補強的方式即可，並無另開發新的補強裝置，台灣如考量進行部分構件更換工作，可參考其相關作業程序。

## 第5節 鐵塔銹蝕檢測及維護

另外日本在鐵塔銹蝕檢測及維護作業上，比較特殊的是日本有為數不少的鋼管型鐵塔，其鋼管內層如有腐蝕情形，初步無法以目視診斷其銹蝕情形，JST 公司開發了所謂的N T 鋼造物長壽命化系統，以進行檢測及維護鋼管型鐵塔，以增長鐵塔的使用壽命，其檢測維護設備詳圖 3-17 示意圖所示。

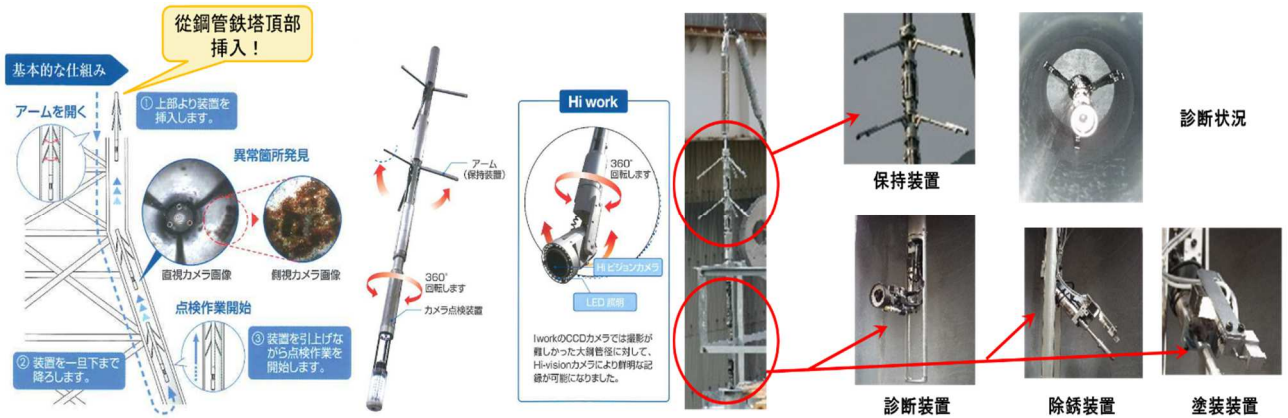


圖 3-17 鋼管型鐵塔銹蝕檢測及維護示意圖(JST 公司提供)

上述系統設備係由鋼管鐵塔頂端插入鋼管內層，以偵測獲取點檢畫像，針對有銹蝕部分再進行超音波診斷詳細檢測，以確認鐵塔的鐵層、鍍鋅層及銹蝕層各厚度(詳如圖 3-18 示意圖所示)，俾據以判斷後續採行除銹、塗裝或甚至更換的採行措施，在台灣除了民營電廠自行架設的鐵塔係屬鋼管型鐵塔外，其餘均屬角鋼所組成的鐵塔，在鐵塔銹蝕外觀初步檢測相對較容易，惟其檢測判別處理程序值得供參考。

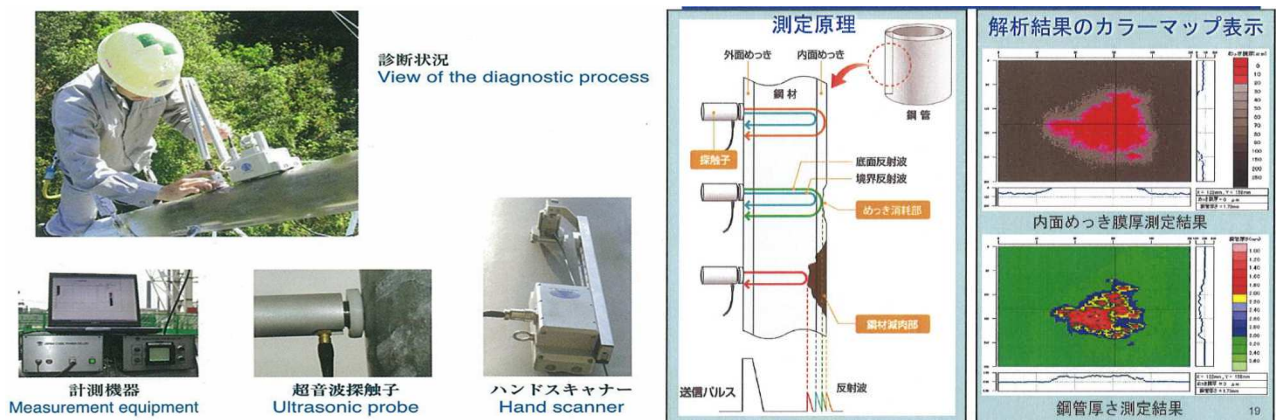


圖 3-18 鋼管鐵塔厚度超音波診斷檢測示意圖(JST 公司提供)

## 第6節 施工現場實習案例

本次實習在日本施工現場見學行程，Kyuken 公司正在進行的兩個工地，一為 66kV 西大分篠原線鐵塔拆除、裝設暨架線工程，另一為 500kV 東九州幹線 No.124~No.127 換線工程，下面就上述兩工程進行概述。

### ● 66kV 西大分篠原線鐵塔拆除、裝設暨架線工程

本工程係因配合太陽光電發電廠加入，須更換較重的更高容量導線，惟部分既設鐵塔強度不足遂進行興工，工程施工概要詳圖 3-19 所示，本次現場實習當日係進行新設 No.10 鐵塔裝建施工(詳圖 3-20 現場施工示意圖所示)，其為縮短線路跨越縣道、JR 新幹線鐵路之停電施工時間，規劃先進行不停電之新設 No.10~新設 No.13 區間鐵塔安裝及架線施工，再續進行停電施工部分，其中既設 No.9~新設 No.10 區間係為既設 No.9~既設 No.10 區間線路重疊延伸，且同屬跨越 JR 新幹線鐵路之架線區間，施工時將可利用該區間既有導、地線，採以吊金工法施工(一種利用既有線材或吊金繩相較傳統直接法更安全的延線施工方法，適用於跨越鐵路、高速公路等安全需求較高之場所)，足可見在設計規劃之初即已考量施工層面，俾使後續施工更順利進行。

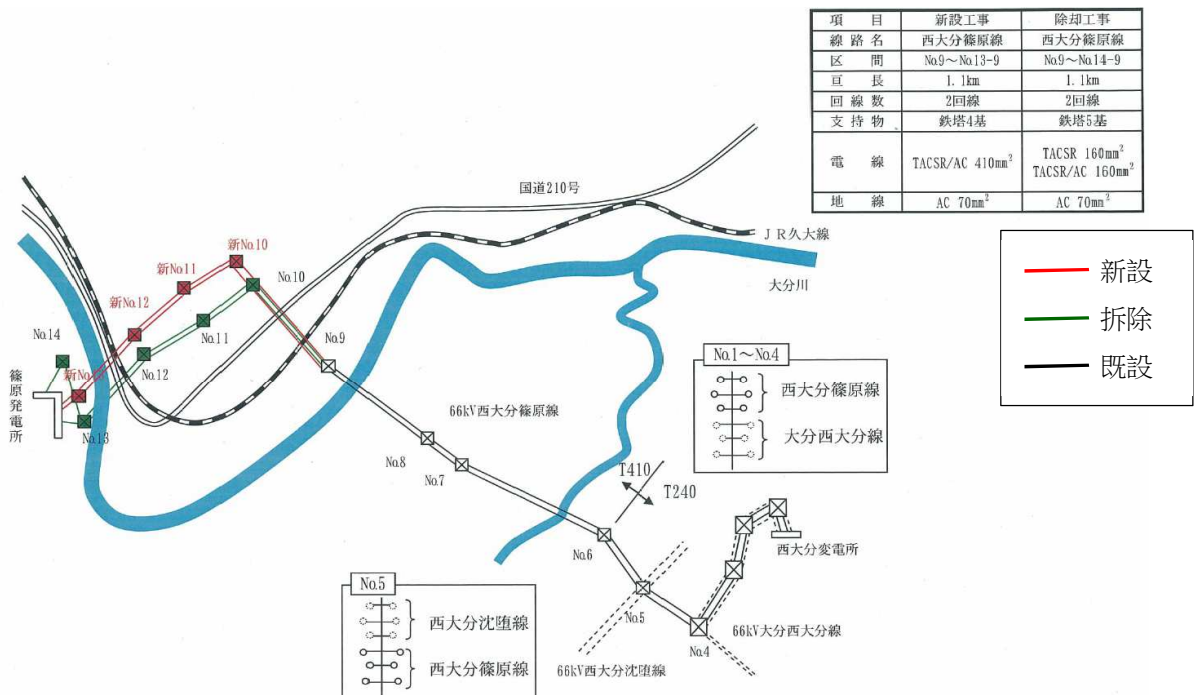


圖 3-19 本次實習現場—66kV 西大分篠原線工程概要圖(Kyukuen 公司提供)



圖 3-20 本次實習現場—66kV 西大分篠原線工程新設 No.10 安裝示意圖

● **500kV 東九州幹線 No.124~No.127 換線工程**

本工程施工緣由係因雪害事故造成 500kV 東九州幹線 No.124~No.125 區間導線損傷，為安全考量，電力公司業主委由 Kyuken 公司進行 No.124~No.127 擋線區間換線施工作業(即 2 座耐張鐵塔區間)，本工程縱斷平面圖詳圖 3-212 所示，赴日實習時本工程剛好開始停電，當日進行 No.127 換線準備解聯作業，導線由耐熱鋼心鋁線 810mm<sup>2</sup>(TACSR)更換為耐熱鋁包鋼心鋁線 810mm<sup>2</sup>(TACSR/AC)，其送電容量相同但導線係數較低(即相同長度重量較輕)能保持相同弛度而稍使張力下降，以減低既設鐵塔載荷。

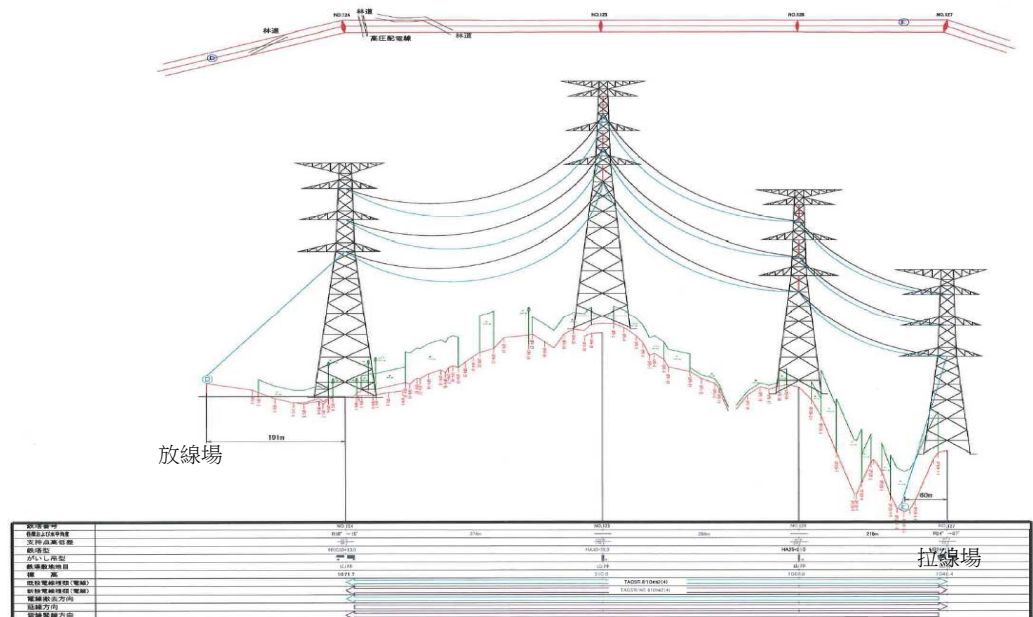


圖 3-21 本次實習現場—500kV 東九州幹線 No.124~No.127 縱斷平面圖(Kyukuen 公司提供)

另外本工程工地相較於台灣比較罕見的是現場設置一位穿著導電衣的監視員，其負責監視塔上人員作業(詳圖 3-22 所示)，因換線施工時仍維持 1 回線送電，故有感應電壓影響人員作業安全，該監視員將視施工情形必要時可能須登塔協助作業，其所穿著的導電衣係由一種對電有良好導電性材質所做成的服裝，根據法拉第原理，置身於金屬或其它良導電體的內部，人或物幾乎感受不到外界的電流，因電流不會進入到衣服內部使其具有保護人體作用，故該衣服又名「法拉第」防護衣，現場另有詳細的工程資訊及安全注意事項等一目瞭然的大看板及告示(詳圖 3-23 所示)，可見日本對工地安全管理的重視，值得我們借鏡。



圖 3-22 本次實習現場－500kV 東九州幹線 No.127 換線準備監視與作業示意圖

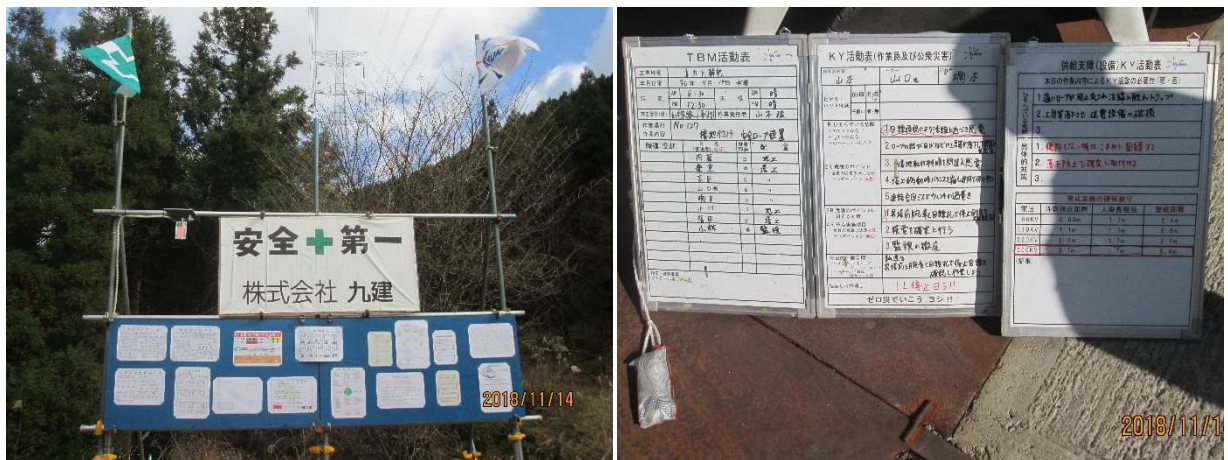


圖 3-23 本次實習現場－500kV 東九州幹線 No.124~No.127 換線工程相關告示圖

## 第 4 章 心得與建議

- 一、有幸奉派前往日本研習老舊鐵塔汰換設計及施工技術相關應用，由衷地非常感謝過程中每個曾經幫助我的同仁及長官，本次所實習有關鐵塔汰換的題目，在國內相關鐵塔工程材料規劃設計製造，目前已屬國產化設備，台灣有兩家公司即台灣鐵塔(股)公司及力鋼工業(股)公司列為選擇性招標合格廠商，業務上常與該兩公司往來，甚少有機會與國外廠家交流，本次能有與日本廠家進行參訪實習機會，也感謝業界台塔公司的協助，順利地完成相互間的交流與學習，並蒐集提供相關資料，對於老舊鐵塔汰換工作的推展參考，有相當實際程度上的助益。
- 二、本次實習是職第一次赴日本，可以很明顯地感受到社會文化與台灣明顯不同，印象最深刻的是日本街頭場景，每個男性上班族幾乎都是西裝筆挺，本以為婚後不曾再穿西裝的我，是否會穿著得太隆重了些，原來在日本，男生沒穿西裝上班才是與眾不同，此外下班後男人不能直接回家，須先在外從事交際應酬活動，以及不能喝自己倒的酒等，也是日本的潛規則文化，雖然日本現今社會在政府提倡工作方式的改革下已有點變質，但個人在想這些文化背後的意義，無非是日本人重視外在專業地位，且工作推展須靠人脈及平時默契，相信日本說是全世界最多禮的國家一點也不為過，像本次實習參訪日本行前，引薦的台塔公司就特別叮嚀須準備伴手禮，而且要帶足比接待名單內更多的名片數量，以正式進行面對面地交換名片介紹，才不致失了禮節，日本的多禮或許讓身處台灣的我們感到匪夷所思，但也許是這樣細膩拘謹禮儀文化，造就了日本極有效率的組織戰力，而能在世界佔有舉足輕重的一席之地，其一生懸命的精神與工作態度值得我們參考學習。
- 三、此次赴日本實習行程前，提供一些想瞭解的問題供日本協助預習研討，其中有如日本在鐵塔汰舊換新可能須同步辦理基礎補強升級施作(例如土壤基礎改為混凝土式基礎等)，其應力分析、施工方式、工具及步驟流程，以及台灣目前有舊型基礎及鐵塔部分係為方型窄距塔(SAE)擬進行汰換，請日本預研台灣業界公司所提的規劃建議方式，能否協助提供相關意見或程式模擬分析可行，惟基於企業機

密及維護程式著作權等理由，日本公司均僅避重就輕答復或沒有相同案例經驗，故無法提供詳細之資訊及說明，大概為本次參訪實習過程所面臨之最大難處。

四、未來台灣電業市場配合電業法法規的修正，本公司將正式啟動能源轉型與電業改革，建議可參考日本電力公司的模式與經驗，進行最適組織調整，像是本次參訪的 Kyuken 公司係為九州電力株式會社的子公司，該公司即類似本公司輸、供單位線路部門合併後的會計分離獨立營運公司，其業務涵蓋了輸電線路的建設和維護工作，以及其他如租賃業務等的多角化經營，當然不管公司未來是如何地調整改變，對於個人最重要的是輸供本質學能與工程技術持續再精進，並強化定位既有的優勢，而本次實習題目其中鐵塔汰換作業的細設解析與構件製造，雖為鐵塔公司的產業技術，惟本公司可先進行研析判斷工程執行的各方條件(如停電要求限制、地權取得難易及新開發鐵塔成本等各項效益權衡)，初步規劃鐵塔汰換類別，並編擬工作說明書及歷往購案成本資訊與流程(詳 4.1 示意圖)，供本公司是類作業規劃工作參考，俾利鐵塔汰換作業最優執行之規劃，藉使輸供電事業部達成更穩定的電力傳輸目標，以滿足用戶的需求與期待，成為堅若磐石的信譽品牌。

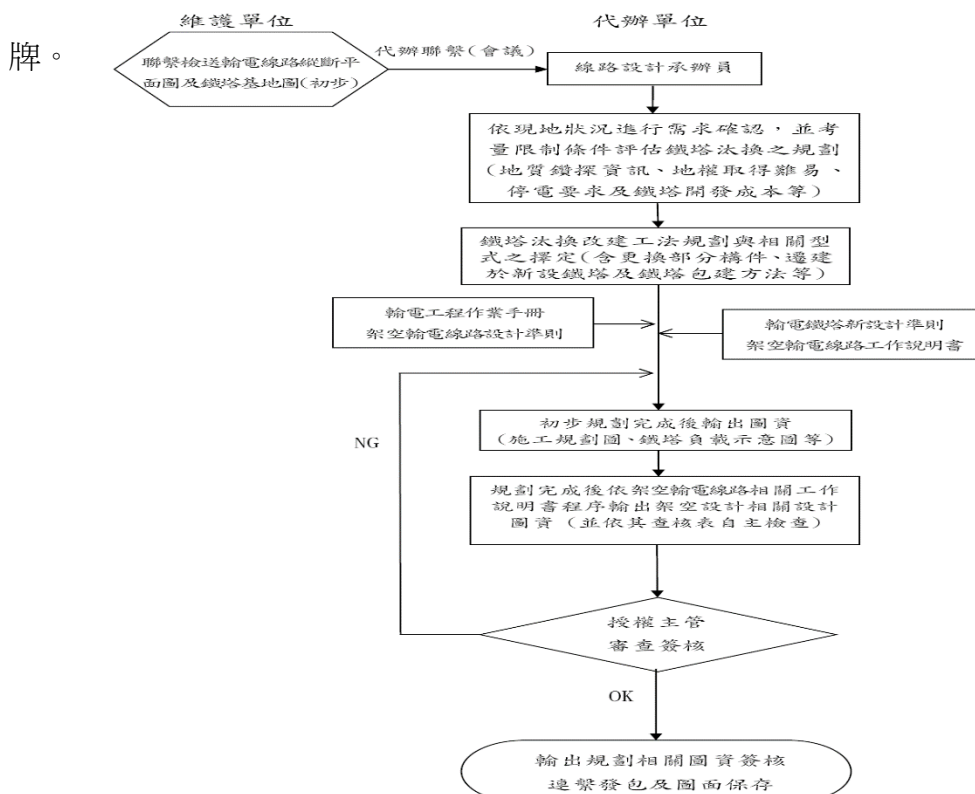


圖 4-1 架空輸電線路鐵塔汰換施工規劃作業流程示意圖