

出國報告（出國類別：實習）

面臨極端氣候下臨邊坡之塔基改建工程及既設塔基於受限情況之改建工程

服務機關：台灣電力公司高屏供電區營運處

姓名職稱：蔡宗洸 土木課長

派赴國家：日本

出國期間：113年9月3日至113年9月7日

報告日期：113年11月6日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：面臨極端氣候下臨邊坡之塔基改建工程及既設塔基於
受限情況之改建工程

頁數_31_ 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/翁玉靜/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：蔡宗泊/台灣電力公司/高屏
供電區營運處/土木課長/07-3214110 轉 341

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：113 年 9 月 3 日至 113 年 9 月 7 日

派赴國家：日本

報告日期：113 年 11 月 6 日

關鍵詞：輸電鐵塔基礎工程

內容摘要：(二百至三百字)

台灣地狹人稠，高壓輸電鐵塔大多設置在丘陵高山，
沿著中央山脈邊際南北串聯及橫越東西部，形成可靠的輸

電網絡，以供應全台有穩定且充足的電力使用。

因極端氣候影響，在颱風豪雨季節常出現短延時強降雨，且台灣地震頻繁，山區鐵塔基礎安全維護顯得相當重要。

台電公司的輸電鐵塔於六十年代開始逐步興建輸電線路及供電營運，迄今已有上萬座鐵塔，而隨著營運時間越來越久，鐵塔陸續汰舊及基礎配合改建也成為台電最近面臨的挑戰。另外因應綠色能源開發，台電也配合興建輸電鐵塔或改建既設鐵塔，而多數位於山區，施工困難度高。

此外因應既設鐵塔基礎鄰近業主之廠房遷改建更新、地方政府產業發展土地更新利用及重大交通建設興建，需配合遷改建的鐵塔基礎案件大幅增加，越來越多塔基遷改建案件須配合大用戶少數的停電時間，或者是有高度限制及範圍限制的情形下施作

日本與台灣面臨同樣挑戰，藉由參訪實習日本電力公司在山區臨邊坡之鐵塔基礎工程，及在既設鐵塔仍供電情形下如何改建鐵塔基礎，學習更精進的思維及技術工法。

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

目錄

壹、出國目的

貳、出國行程及實習內容

參、實習心得及感想

肆、實習後具體建議

圖目錄

圖 2-1 九州電力株式會社發電設備示意圖.....	3
圖 2-2 九州電力送配電株式會社拆分為獨立公司示意圖.....	4
圖 2-3 九州電力送配電株式會社組織圖.....	4
圖 2-4 九州電力送配電株式會社輸配電線路示意圖	5
圖 2-5 「東佐世保-大村線工程」基礎工程分配圖.....	6
圖 2-6 架空線路工程各塔的分配圖	7
圖 2-7 逆 T 型基礎施作示意圖.....	8
圖 2-8 深基礎施作示意圖.....	8
圖 2-9 擴底基礎施作示意圖.....	9
圖 2-10 擴底施作示意圖.....	9
圖 2-11 筏式基礎群樁施作示意圖	10
圖 2-12 筏式基礎完成示意圖.....	10
圖 2-13 圓形鋼管主柱材示意圖	11
圖 2-14 坑內動力挖掘機具.....	11
圖 2-15 索道搬運	12
圖 2-16 軌道車搬運	12
圖 2-17 大型吊掛機具	12
圖 2-18 一般積載式吊車.....	12
圖 2-19 太空包袋擋土	13
圖 2-20 鋼軌樁擋土	13
圖 2-21 實木樁擋土	13
圖 2-22 控制點木樁保護 1.....	14
圖 2-23 控制點木樁保護 2.....	14
圖 2-24 基礎開挖指示牌.....	14

圖 2-25 基坑開口固定門.....	15
圖 2-26 斜坡防滑條	15
圖 2-27 人車機具分道	15
圖 2-28 劃定人員通行動線.....	15
圖 2-29 出入口限高措施.....	16
圖 2-30 劃高度限制警示牌.....	16
圖 2-31 車行路徑採碎石級配.....	16
圖 2-32 用油機具下方鋪設帆布	16
圖 2-33 起重機吊臂操作距帶電設備距離及角度	17
圖 2-34 災害緊急通報圖.....	17
圖 2-35 物料備妥排放整齊 1.....	18
圖 2-36 物料備妥排放整齊 2.....	18
圖 2-37 挖土機裝設禁止進入警示條	18
圖 2-38 電線架空綁螢光帶.....	18
圖 2-39 通風軟管平台座.....	19
圖 2-40 基坑吊掛防落護蓋.....	19
圖 3-1 基礎臨邊坡模型示意圖	20
圖 3-2 基礎引揚力離邊坡關係圖	21
圖 3-3 塔基工程工區配置示意圖	22
圖 3-4 設計圖追加背填示意圖.....	23
圖 3-5 背填灌漿示意圖.....	23
圖 3-6 既設鐵塔內改建新的鐵塔示意圖.....	24

壹、出國目的

台灣地狹人稠，高壓輸電鐵塔大多設置在丘陵高山，沿著中央山脈邊際南北串聯及橫越東西部，形成可靠的輸電網絡，以供應全台有穩定且充足的電力使用。

因極端氣候影響，在颱風豪雨季節常出現短延時強降雨，且台灣地震頻繁，山區鐵塔基礎安全維護顯得相當重要。

台電公司的輸電鐵塔於六十年代開始逐步興建輸電線路及供電營運，迄今已有上萬座鐵塔，而隨著營運時間越來越久，鐵塔的陸續汰舊及基礎配合改建也成為台電最近面臨的挑戰。另外因應綠色能源開發，台電也配合興建輸電鐵塔或改建既設鐵塔，而多數皆位於山區，施工困難度高。

此外因應既設鐵塔基礎鄰近業主之廠房遷改建更新、地方政府產業發展土地更新利用及重大交通建設興建，需配合遷改建的鐵塔基礎案件大幅增加，越來越多塔基遷改建案件須配合大用戶少數的停電時間，或者是有高度限制及範圍限制的情形下施作。

而台灣與日本在山區進行輸電鐵塔基礎工程時，由於兩地地理環境及受颱風侵襲的相似性，面臨了許多相同的挑戰，如下說明：

一.極端氣候帶來的邊坡不穩定

由於台灣和日本都屬於多山地形，且受颱風和強降雨的影響，邊坡穩定性是鐵塔基礎的首要挑戰。強降雨會導致土壤飽和，進而降低土壤的抗剪強度，會使鐵塔基礎承受額外的滑動趨勢，增加邊坡滑動的風險。

二.複雜的地質條件及地震影響

兩地的地質條件各異且複雜。山區多為砂岩、頁岩等，且地震頻繁使得岩層破碎不穩定，並常有斷層分布，塔基設計需要詳細的

地質鑽探及勘查，以確保設計能應對地質變化。

三.排水問題

在強降雨頻繁的情況下，山區排水是一大難題。適當的排水規劃至關重要，以防止地表逕流引發的邊坡滑動和土壤沖刷。為此，必須設計適當的導水及排水設施，以減少雨水對基礎和邊坡的影響。

四.抗風與抗震設計

台灣和日本都位於地震活躍區，且容易遭受強風襲擊，因此在塔基設計上必須兼顧抗震與抗風需求。目前台電鐵塔設計多數皆以陣風設計，而鐵塔基礎即以陣風作用鐵塔的風壓，其所傳遞至基礎的力量做基礎設計，故安全無虞，早年以平均風速設計的鐵塔及基礎也會逐漸配合更新。另外鐵塔基礎多數皆埋入地面下，故鐵塔基礎受到地震的影響甚小，少數有突出地面高架基礎亦有考慮地震水平力作設計，故安全無虞。

鑑於日本與台灣面臨同樣挑戰，藉由參訪實習日本電力公司在山區臨邊坡之鐵塔基礎工程，及在既設鐵塔仍供電情形下如何改建鐵塔基礎，學習更精進的思維及技術工法。

然而因出發前夕於 113 年 8 月 29 日~9 月 1 日太平洋第十號颱風珊珊侵襲日本九州地區，部分交通受阻，原來預定實習參訪的工區尚待整理，考量實習參訪安全性，臨時變更至環境現況較好的工區實習參訪。

貳、實習行程及實習內容

一.實習行程

日期	地點	參訪地點
9月3日	台灣-福岡市	往程
9月4日	福岡市-武雄市	西九州-武雄線#26,#34,#40 塔基工程
9月5日	武雄市-佐世保市	東佐世保-大村線#55,#58 塔基工程
9月6日	佐世保市-福岡市	九建株式會社本部拜會社長及會長
9月7日	福岡市-台灣	回程

二.連繫參訪公司介紹

(一) 九建株式會社

本次實習為參訪負責輸電線路興建的**九建株式會社**，其主要業務為架空線路(含土建工程)、地下電纜 (含土建工程)、架空線路及地下電纜點檢工作及地權取得工作，主要業務來源來承攬九州電力送配電株式會社所辦理的相關工程。九建株式會社及九州電力送配電株式會社兩間公司皆是九州電力株式會社集團下的子公司。

(二) 九州電力株式會社

其下組織有能源服務本部、技術本部、商業本部、核子發電本部、都市開發本部及通訊本部等，所含發電設備如下表所示。

供給設備	箇所数	設備量
水力發電	139ヶ所	358.9万kW
火力發電	6ヶ所	803.5万kW
原子力發電	2ヶ所	414.0万kW
發電設備合計(自社)	147ヶ所	1,576.4万kW

圖 2-1 九州電力株式會社發電設備示意圖

(三) 九州電力送配電株式會社

由於日本電力商業法修訂禁止發電售電與輸配電部門在同一公司下運營，電力公司須在 2020 年 4 月後將其輸配電部門分拆為獨立公司，於 2020 年 4 月 1 日九州電力株式會社宣布由旗下的輸配電部門分拆為九州電力送配電株式會社獨立公司，如下圖所示。

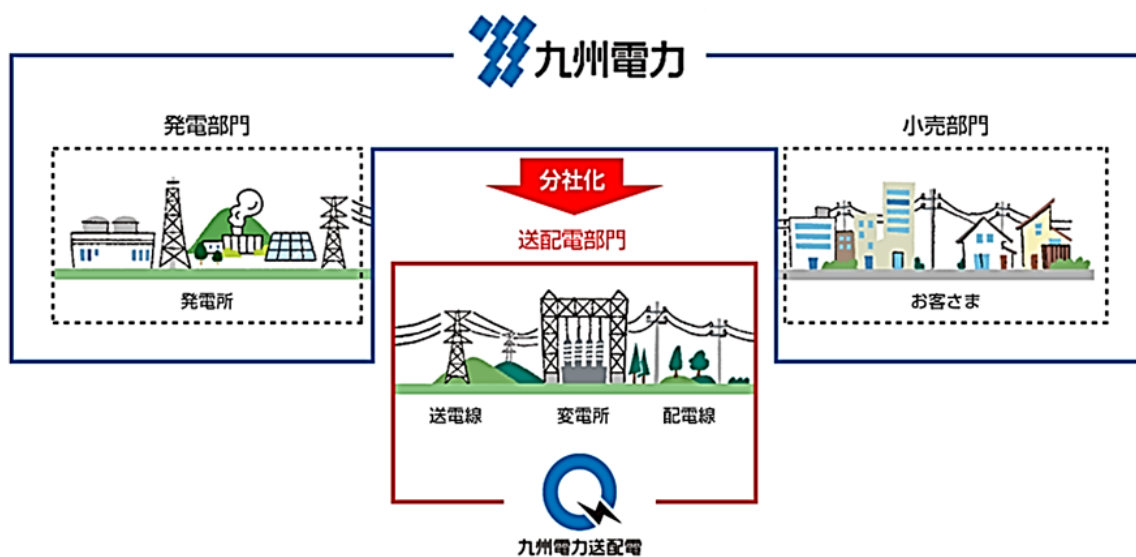


圖 2-2 九州電力送配電株式會社拆分為獨立公司示意圖

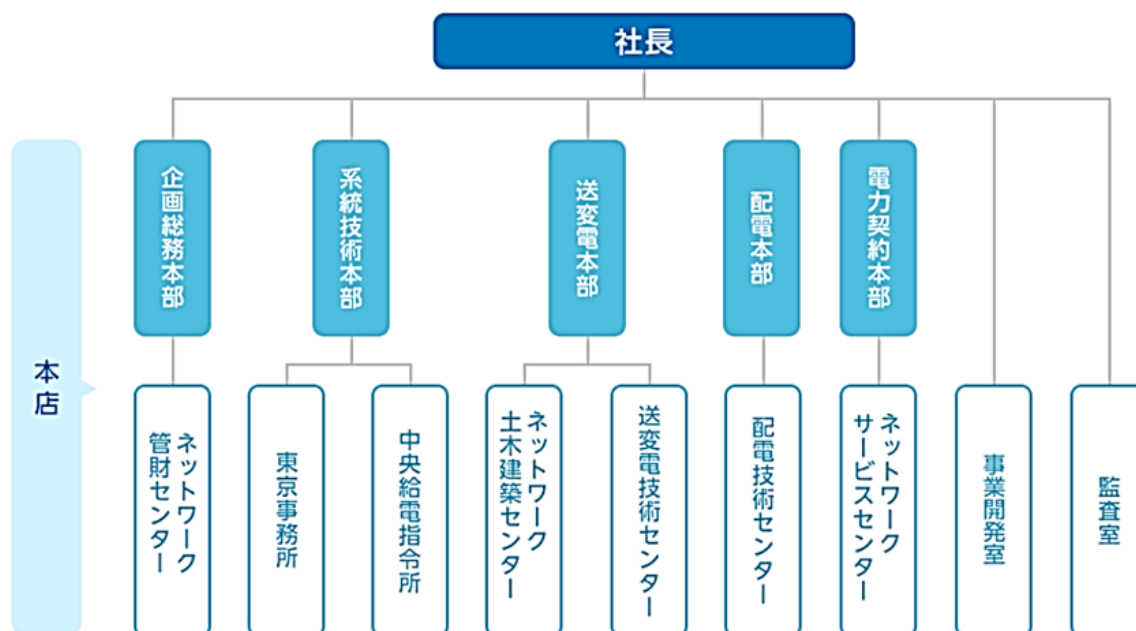


圖 2-3 九州電力送配電株式會社組織圖

不過雖然九州電力送配電株式會社是來九州電力的輸配電部門獨立的出來的，仍屬九州電力集團下子公司，公司也特別強調如果遇突發事件大規模停電時，兩間公司仍會通力合作，共同應對停電，努力儘快恢復供電，其組織如圖 2-3 所示。此外其輸配電線路設備規模如下所示。

2024年3月31日現在

	箇所数	設備量
変電所	654か所	7934.9万kVA
送電線路こう長	-	11,264km
配電線路こう長	-	174,268km
離島発電設備	32か所	31.3万kw
▪ 内燃力発電	27か所	30.9万kw
▪ 水力発電	5か所	3,723kw

圖 2-4 九州電力送配電株式會社輸配電線路示意圖

三.實習內容

由於 113 年 8 月 29 日~9 月 1 日太平洋第十號颱風珊珊侵襲日本九州地區的影響，部分交通受阻，原來預定實習參訪的工區尚待整理，考量實習參訪安全性，臨時變更至環境現況較好的工區實習參訪，故調整參訪「西九州-武雄線#26、#34、#40 塔基工程」及「東佐世保-大村線#55、#58 塔基工程」，皆位於山區丘陵地之邊坡，實習參訪了逆 T 型基礎、擴底型基礎、筏式基礎及深基礎之塔基工程施工實務，以下再分別作說明。

(一)「西九州-武雄線工程」及「東佐世保-大村線工程」說明

這兩條架空線路更新工程主要為營運時間已久，經鐵塔點檢有老化銹蝕情形，需進行更換，且這兩條線路經過山區，線下高度較

底，長期難以處理線路下樹木修剪等問題，故重新規劃路徑，部分保留既設鐵塔而部分新設鐵塔。

以「東佐世保-大村線工程」為例，總共有 95 座鐵塔，分別由 5 間廠商且分為三期施作，九建株式會社負責大部分佔比的 41 座，含基礎工程及架空線路工程，其中基礎工程規劃如下圖所示。此次實習分別參訪了逆 T 型基礎及深基礎之塔基工程施工實務，其它擴底型基礎、筏式基礎則以室內簡報方式了解。

I 期工事										
工 区	施工会社		鉄塔 基数	基礎種別				運搬方法		
				逆T	深礎	マット (他)	逆T杭	直搬	索道	モロール
1 工区	㈱ 九 建	1	14	13	1	—	—	14	—	—
2 工区	㈱ 九 建	2	8	6	—	2	—	6	2	—
3 工区	㈱ア子電工	3	12	9	—	1	2	10	2	—
4 工区	三桜電氣工業 ㈱	4	11	7	1	2	1	6	4	1
合 計	4 社	—	45	35	2	5	3	36	8	1
II 期工事										
工 区	施工会社		鉄塔 基数	基礎種別				運搬方法		
				逆T	深礎	マット	逆T杭	直搬	索道	モロール
1 工区	㈱ 九 南	1	7	5	1	1	—	6	1	—
2 工区	三桜電氣工業 ㈱	2	11	10	1	—	—	5	2	2
3 工区	㈱ 九 建	3	15	10	2	3	—	9	1	—
4 工区	岳南建設 ㈱	4	8	7	1	—	—	8	—	—
合 計	4 社	—	41	32	5	4	—	28	4	2
III 期工事										
工 区	施工会社		鉄塔 基数	基礎種別				運搬方法		
				逆T	深礎	マット	逆T杭	直搬	索道	
1 工区	㈱ 九 建	1	4	3	1	—	—	—	—	4
2 工区	岳南建設 ㈱	2	5	5	—	—	—	—	2	3
3 工区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 工区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合 計	2 社	—	9	8	1	—	—	—	2	7

圖 2-5 「東佐世保-大村線工程」基礎工程分配圖

另外在整體 95 座架空線路工程各塔的分配圖上，可圖形顏色排列等方式，顯示整體工程規劃及得知下列資訊，可立即一目了然地清楚了解各塔基工程施作資訊。如下圖所示

- 1.95 座架空線路工程負責的廠商及期數
- 2.以顏色表示架空延線工作的順序
- 3.各鐵塔基礎型式圖例表示

- 4.各鐵塔基礎位處地形地貌描述
- 5.各塔工程之器材搬運方式
- 6.線路跨越高速道路、國道區間
- 7.線路跨越鐵道、新幹線區間
- 8.線路跨越重要河川區間

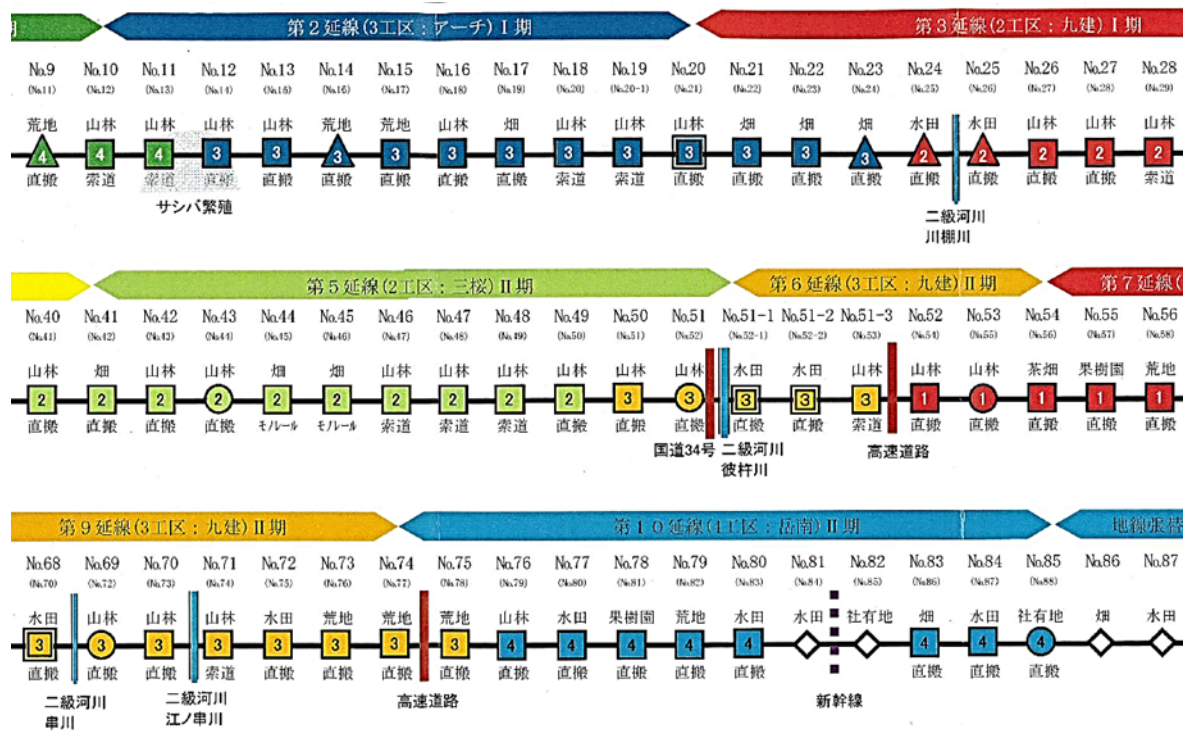


圖 2-6 架空線路工程各塔的分配圖

(二) 鐵塔基礎施作

1. 逆 T 型基礎

逆 T 型基礎也就是普通基礎，以獨立基腳型式的淺基礎，適用於山區相對平緩的地形，依地質採人工挖掘或機械動力挖掘，適合地質條件良好且無地下水的場域，採鋼浪板做為擋土支撐，如圖 2-7 示意圖所示，共分 11 層開挖及擋土鋼浪板組裝。

開挖完成後，進行鋼筋組立及主柱材設定，再進行圓柱型模板組立，最後澆置混凝土，於養護時間足齡後，逐層拆除擋土鋼浪板

及原土方回填。

2. 深基礎

深基礎即為樁基礎，適用於山區邊坡相對較陡的地形，開挖及支撐施作方式與逆 T 型基礎相同，開挖及擋土支撐至設計深度後，進行鋼筋組立及主柱材設定，隨即澆置混凝土，擋土鋼浪板不拆除，如圖 2-8 示意圖所示。

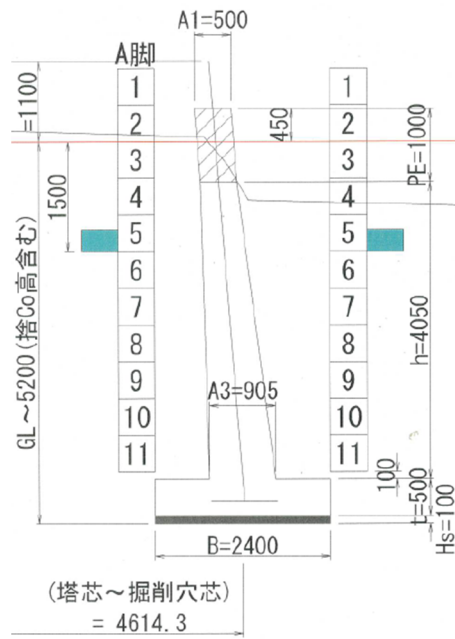


圖 2-7 逆 T 型基礎施作示意圖

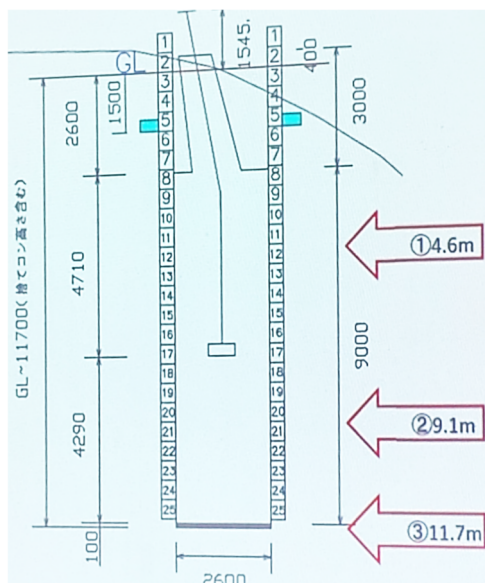


圖 2-8 深基礎施作示意圖

3. 擴底基礎

適用於山區邊坡界於逆 T 型基礎與深基礎間不太陡的地形，開挖及支撐施作方式與逆 T 型基礎相同，分二段不同口徑開挖，如圖 2-9 示意圖所示，二段口徑開挖及擋土支撐至設計深度後，最後 1 公尺深度採外擴開挖，並設置錨釘。然後再進行基礎的鋼筋組立及主柱材設定，下段口徑範圍先行澆置混凝土，下段口徑範圍擋土鋼浪板不拆除。

接下來進行上段口徑範圍的圓柱型模板組立，可採鋼模以利組裝及拆卸，最後澆置混凝土，於養護時間足齡後拆除模板，逐層拆除擋土鋼浪板及原土方回填。

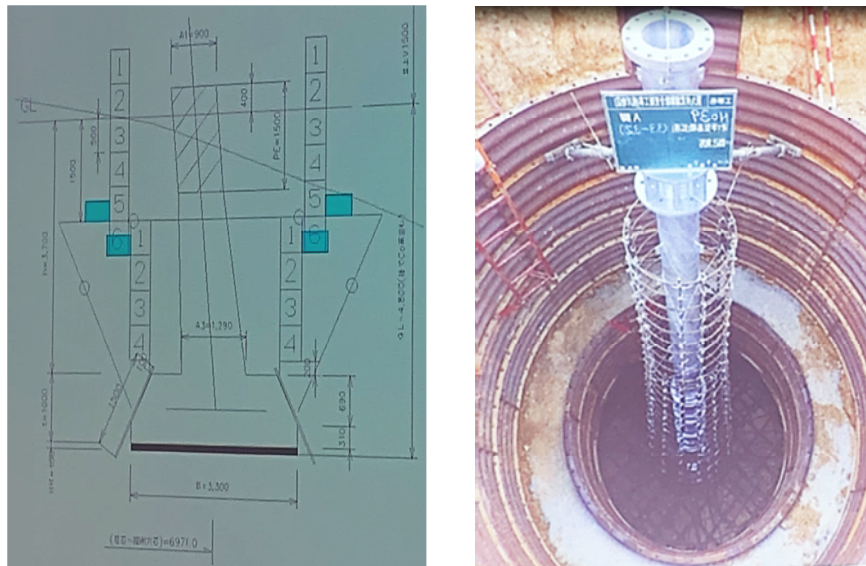


圖 2-9 擴底基礎施作示意圖



圖 2-10 擴底施作示意圖

4. 筏式基礎

以四腳連成一體之筏式基版，由基礎自重及底版上土壤重量抵抗鐵塔引揚力 T 及側向力 H 所驅動的傾倒力矩，且能抵抗不均勻沈陷，適用於地勢平坦之軟弱地盤。如果地盤過於軟弱致垂直承載力不足時，可增加小口徑群樁提高垂直承載力，施作方式如圖 2-11 及圖 2-12 示意圖所示。



圖 2-11 筏式基礎群樁施作示意圖



圖 2-12 筏式基礎完成示意圖

(三) 鐵塔主柱材型式

國內的輸電鐵塔主柱材幾乎都是為角鋼型式，日本為了因應大跨距及更大的超高壓送電容量，開發出強度更大更高的鐵塔，主柱材採圓形鋼管型式，詳圖 2-13 所示，因有圓形鋼管連接及管內不易

檢測等困難尚無法由國內解決，故目前仍尚未引進。



圖 2-13 圓形鋼管主柱材示意圖

（四）鐵塔基礎開挖方式

除了筏式基礎外，其它型式基礎其開挖及擋土支撐方式皆類似，擋土支撐皆採鋼浪板擋土，開挖方式除人工挖掘外，還有動力挖掘機具方式，如圖 2-14 所示。



圖 2-14 坑內動力挖掘機具

（五）器材搬運方式

輸電鐵塔工程多數常位於山區，由平地要到達山區鐵塔位址的道路通常較狹窄，或甚至只有人行步道，沒有車行道路可到達，故

鐵塔工程施工時的器材物料搬運則為相當重要的問題。

本次實習參訪的塔基工程有直接車行道路可到達，及索道搬運方式，另外亦有小型軌道車之搬運方式，如下圖所示。



圖 2-15 索道搬運



圖 2-16 軌道車搬運

(六) 器材物料吊掛方式

隨著基礎開挖深度及工程施工時所使用器具不同，吊掛方式的選舉也有不同，本次參考深基礎施工時，則採用大型吊掛機具，可吊掛小型動力挖土機上下基坑，較特別的是這種大型吊掛機具是可分解拆卸的，易於從平地搬運至山區。一般情形則採積載式吊車，如下圖所示。



圖 2-17 大型吊掛機具



圖 2-18 一般積載式吊車

(七) 挖掘土方臨時堆置方式

本次參訪之工區其挖掘土方臨時堆置方式共有三種方式，都做為填方擋土使用，增使工區空間使用：

- 1.太空包袋：採太空包袋裝填土方做為填方擋土使用，再設置施工人員休息區、臨時辦公室及器材室使用，如圖 2-19 所示。
- 2.鋼軌樁：採鋼軌樁供填方擋土使用，如圖 2-20 所示。



圖 2-19 太空包袋擋土



圖 2-20 鋼軌樁擋土

- 3.實木樁：新設鐵塔工程位於山區時，須砍除塔地範圍樹木，利用樹幹做為實木樁供填方擋土使用，臨時堆置基礎挖掘土方，如圖 2-21 所示。



圖 2-21 實木樁擋土

(八) 控制點木樁保護方式

由於在國內塔基工程進場施工前，施工廠商常不慎把設計規劃時所打設控制點木樁破壞，故本次實習見到日本施工廠商特別把控制點木樁圍設保護的方式值得學習，如下圖示。



圖 2-22 控制點木樁保護 1



圖 2-23 控制點木樁保護 2

(九) 基礎開挖指示牌

基礎開挖施作時每支腳都設置基礎開挖指示牌及相關工程內容資訊與注意事項，可隨著工程進度直接在牌上作更新，如下圖所示。



圖 2-24 基礎開挖指示牌

(十) 工安及環保措施

- 1.基礎開挖基坑開口用鐵製固定門關閉，在國內常常只使用鐵鍊扣住，使用固定門可避免施工人員不慎墜落，如下圖所示。



圖 2-25 基坑開口固定門



圖 2-26 上下斜坡防滑條

- 2.在山區施工常在沿斜坡上下，國內常會在斜坡上挖階梯，但如遇下雨仍有滑倒之虞，使用防滑條配合欄杆可避免上下斜坡發生危險，如圖 2-26 所示。
- 3.施工場域內人車分道及劃定人員通行動線，並與重機械作場空間隔離，避免發生碰撞危險，如下圖所示。



圖 2-27 人車機具分道



圖 2-28 劃定人員通行動線

- 4.工區出入的限高管制：在山區施工時可能山下有涵洞隧道或配電

線路高度限制，另外也可做為積載型吊車的吊臂是否有收起之提醒作用，如下圖所示。



圖 2-29 出入口限高措施



圖 2-30 高度限制警示牌

- 5.車行路徑採碎石級配，避免過度揚塵做成空氣污染及下雨後積水泥濘，如下圖示。國內常採鋼板鋪設，價格較碎石級配鋪設低，但平整度難控制及雨天不利排水。



圖 2-31 車行路徑採碎石級配



圖 2-32 用油機具下方鋪設帆布

- 6.在需使用柴油之發電機具下方鋪設不透水帆布，避免發電機發生漏油污染土壤，如圖 2-32 所示。

- 7.確實測量起重機吊臂與既設鐵塔帶電設施的距離，及吊臂可能碰觸帶電設備的吊掛角度，繪製吊掛角度距離示意圖，如圖 2-33 所

示。明確標註角度及實際距離，並張貼於明顯處，使操作人員及指揮人員監看。

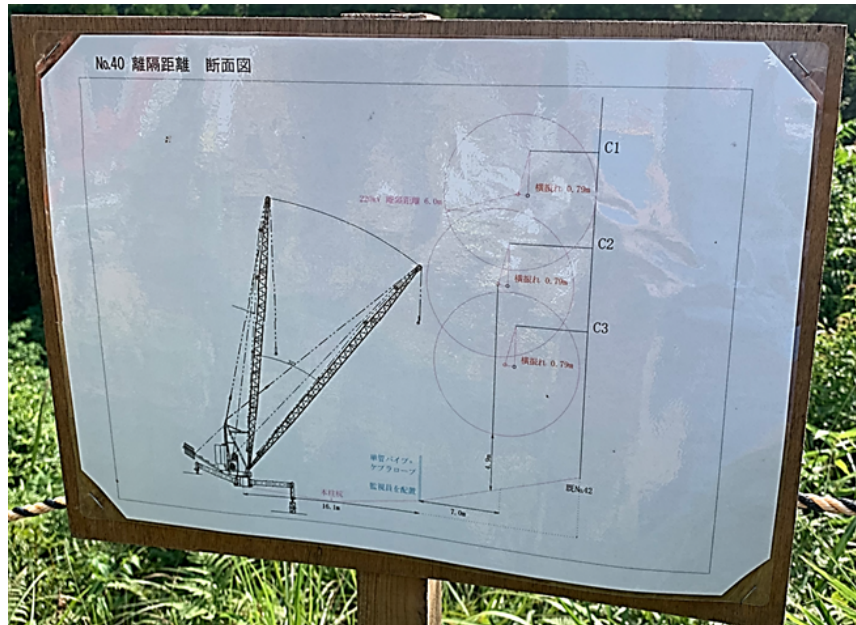


圖 2-33 起重機吊臂操作距帶電設備距離及角度

8.在佈告欄張貼災害緊急通報方式，註明連絡電話、工地位置座標，先行擬定通報稿及應當通報資訊，以避免遇災時手忙腳亂，錯失通報時機，如下圖所示。

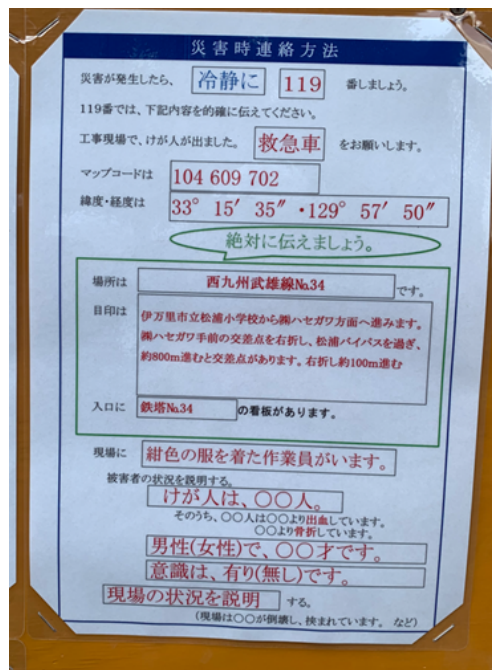


圖 3-34 災害緊急通報圖

9.基礎的鋼浪板材料先行將每層需使用的數量及螺栓數量備妥，一

堆一排放整齊，並做好物料管理，將使用物料與人員通行阻隔區分，避免人員絆倒，如下圖所示。



圖 3-35 物料備妥排放整齊 1



圖 3-36 物料備妥排放整齊 2

10.在挖土機後面設置人員禁止進入的警示條，更醒目能讓施工人員有警覺，避免碰觸危險，如圖 3-37 所示。

11.工區內的電線及線路全數架高超過人高，並醒目綁螢光帶，避免在地面磨損漏電發生危險，如圖 3-38 所示。



圖 3-37 挖土機裝設禁止進入警示條



圖 3-38 電線架空綁螢光帶

12.在基坑內作業屬局限空間作業，須設置通風設備，在國內塔基工程常會有通風管彎折使不易通風要常調整，本次參訪工區在基坑鋼浪板上有設置通風管平台座，使通風管彎曲不會彎折，如圖 3-39 所示。

13.在基坑內進行土方吊掛出基坑時，倘土筒不慎倒翻，吊掛中的土石方可能掉落壓傷在基坑內的施工人員，設置防落護蓋可避免危險，如圖 3-40 所示。



圖 3-39 通風軟管平台座



圖 3-40 基坑吊掛防落護蓋

參、實習心得及感想

(一) 逆 T 型基礎 (混凝土普通基礎) 安全性

本次實習參訪的 5 座新設塔基工程皆位在山區，而有 4 座是逆 T 型基礎，1 座是深基礎，在九州電力送配電株式會社的考量，山區不一定都要使用深基礎。如為本公司進行設計，應該都會採大口徑基樁十字連梁施作。

以「東佐世保-大村線工程」共 95 座新設塔基為例，位於山區的新設塔基共 45 座，其中有 41 座是設計採逆 T 型基礎，僅 3 座設計採深基礎，而有 1 座採筏式基礎，故在日本的山區新設塔基施作，仍以逆 T 型基礎為主要的方式。

經詢問九建株式會社的基礎工事部門的高倉先生，因為設計部分為九州電力送配電株式會社負責，山區多數設計採逆 T 型基礎的原因不得而知。

經查詢相關日本有關輸電鐵塔逆 T 型基礎的相關文獻，有篇由日本東北大學教授山川優樹等 7 人所發表的「近邊坡旁的輸電鐵塔逆 T 型基礎抗拉拔承載力分析」中，製作小比例逆 T 型混凝土基礎模型，分別在離邊坡 $d=1\text{m}\sim 6\text{m}$ 距離，邊坡傾斜角度從 $10\sim 45$ 度，及斜面下基礎埋深，如圖 3-1。

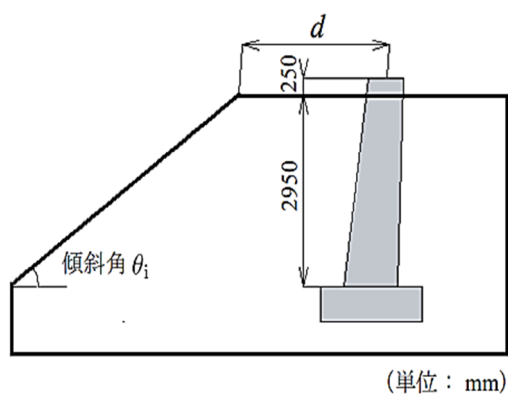


圖 3-1 基礎臨邊坡模型示意

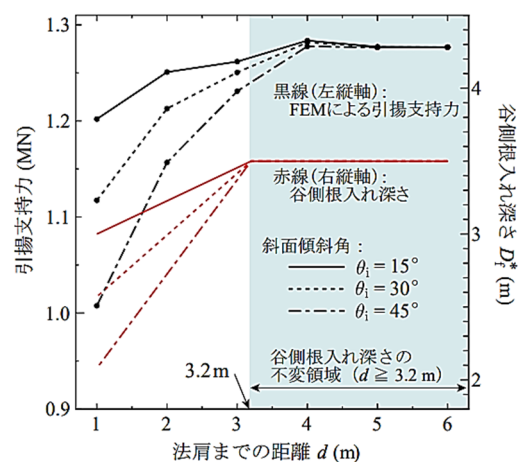


圖 3-2 基礎引揚力離邊坡關係圖

實驗發現逆 T 型基礎離邊坡距離 4m 以上時，其抗拉拔承載力則較無影響，如圖 3-2 所示。

故在山區新設鐵塔基礎時，倘地形較平緩且離邊坡距離較遠時，另外周邊林木良好，附近無沖蝕溝發展形成時，則可考量採逆 T 型基礎即可，若與大口徑基樁十字連梁相比，興建工期可以縮短甚多且成本減少很多，而且重點是整體塔基安全性是足夠的。

（二）塔基工程工區配置

在日本的輸電鐵塔基礎工程中，工地的配置需考慮到施工的安全性、效率以及環境保護等要求，以下是塔基工區配置時常見的項目，工區配置如圖 3-3 所示。

- 1.基礎施工區：設置基礎挖掘、樁基工程、混凝土澆置等操作的主要工作區域，通常需設工區分隔，避免人員誤闖。
- 2.材料堆置區：專門用來堆放鋼筋、鋼浪板、坑入爬梯等，並需注意防水及防塵措施，且進行材料分區標示。
- 3.施工器具存放區：放置施工所需的大型機械設備，如挖掘機、吊車等，以及其他小型工具，如發電機、灌漿機，並需注意防漏油措施，需設工區分隔。
- 4.臨時辦公室：供工地主任、工地管理人員和工程師使用，作為工地紀錄、會議的場所。
- 5.工人休息區：為施工人員設置的休息空間，提供基本休息設備，並設有遮陽棚或暖房，以應對不同天氣條件。
- 6.安全物資儲存區：儲放安全帽、反光背心、安全帶、急救箱等個人防護具，工人進入施工區前須穿戴合適的裝備。
- 7.人行通道：劃定在連接各區的人行通道及安全上下斜坡設備。
- 8.排水設施區：在工區低窪處及下邊坡側設置防沖蝕措施，並防止雨水流入施工區，保護基礎結構。



圖 3-3 塔基工程工區配置示意圖

在國內的塔基工程，雖然也有上述功能，但多數都極為簡陋，甚至把多項分區都整併一起，相對比較雜亂，經過本次參訪日本塔基工程工地，發現確實做得相當進步，無論是管理人員或是施工人員進入工區前，一定把自己的工地應該著裝的服裝及個人防護具都檢查地很仔細，另外臨時辦公室內廁所也都相當乾淨。

爾後可依塔基工程規模，依上述各設項給價編列適當的工區配置措施，持續進步。

（三）基礎開挖遇地下水

於參訪東佐世保-大村線#58 塔基工程時，原來基礎開挖擋土支撐的鋼浪板，於混凝土澆置後是要拆除再回填土方的，因為基礎開挖遇地下水使無法再往下挖掘。施工單位在有地下水的範圍，更換有灌漿口的鋼浪板，在背後以水泥砂漿方式加壓背填阻斷地下水，以利後開挖施作。設計圖以顏色區分增加背填灌漿範圍，如圖 3-4 所示。基礎鋼浪板的灌漿口如圖 3-5 的紅框所示。

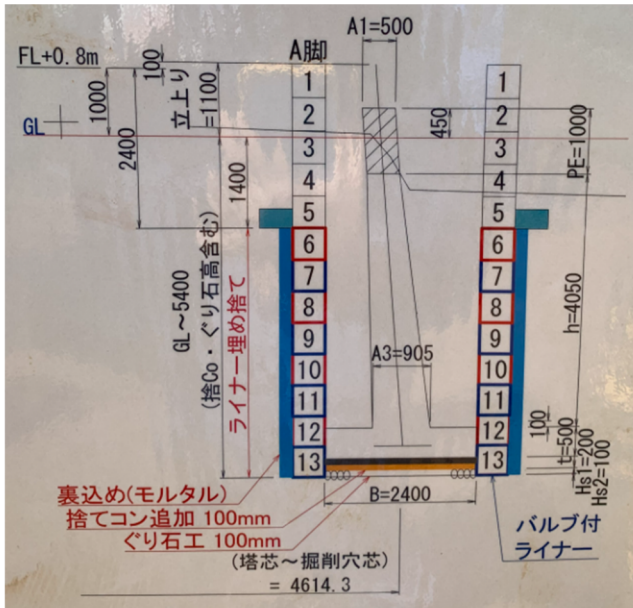


圖 3-4 設計圖追加背填示意圖



圖 3-5 背填灌漿示意圖

國內施工深基礎目前都不拆除鋼浪板，以水泥砂漿背填鋼浪板後的開挖孔洞，惟近年來水泥砂漿背填都不以加壓灌漿，而以重力流方式砂漿流入填滿，造成阻水效果不佳。如遇地下水時，倘有水泥砂漿背填但都不未加壓灌漿，無法將鋼浪板後孔洞確實填滿，故仍會有地下水滲水影響基樁開挖作業。

爾後如有地下水位較高的深基礎塔基工程，仍應用水泥砂漿再以加壓背填，以確實填滿孔洞。必要時可以添加適量水玻璃，提升止水填縫效果。

(四) 工程監造管理制度不同

日本鐵塔基礎工程不同於台灣需要有嚴格的監造單位作品質抽查驗，九建株式會社在每期鐵塔工程會派駐公司代理人（即工地負責人），負責統管數座包含基礎工程、鐵塔組裝及架空延線工作，本身的自主管理非常確實。

在現場詢問公司代理人得知，業主九州電力送配電株式會社不會每個隱蔽部位派員查驗，施工廠商九建株式會社須自行拍照留存紀錄備查。不像在台灣塔基工程是屬公共工程的三級品質管理制

度，每個檢驗停留點都要監造單位派員查驗，可以提升工程進度，且工期較快。

(五) 既設鐵塔基礎改建

在既設輸電鐵塔的改建方面，台灣和日本面臨相同問題，早期的輸電鐵塔興建在郊區，但多年後隨著都市發展，高層建築漸漸往郊區擴展，導致輸電線路的對地高不足。

通常要解決這個問題就是鄰近再新建一座新電塔，然後將既設電塔拆除。然而既設鐵塔旁經過多年開發已人口稠密，且無多餘土地可供新建塔基，所以慢慢有在既設鐵塔範圍內改建鐵塔基礎的技術被開發。

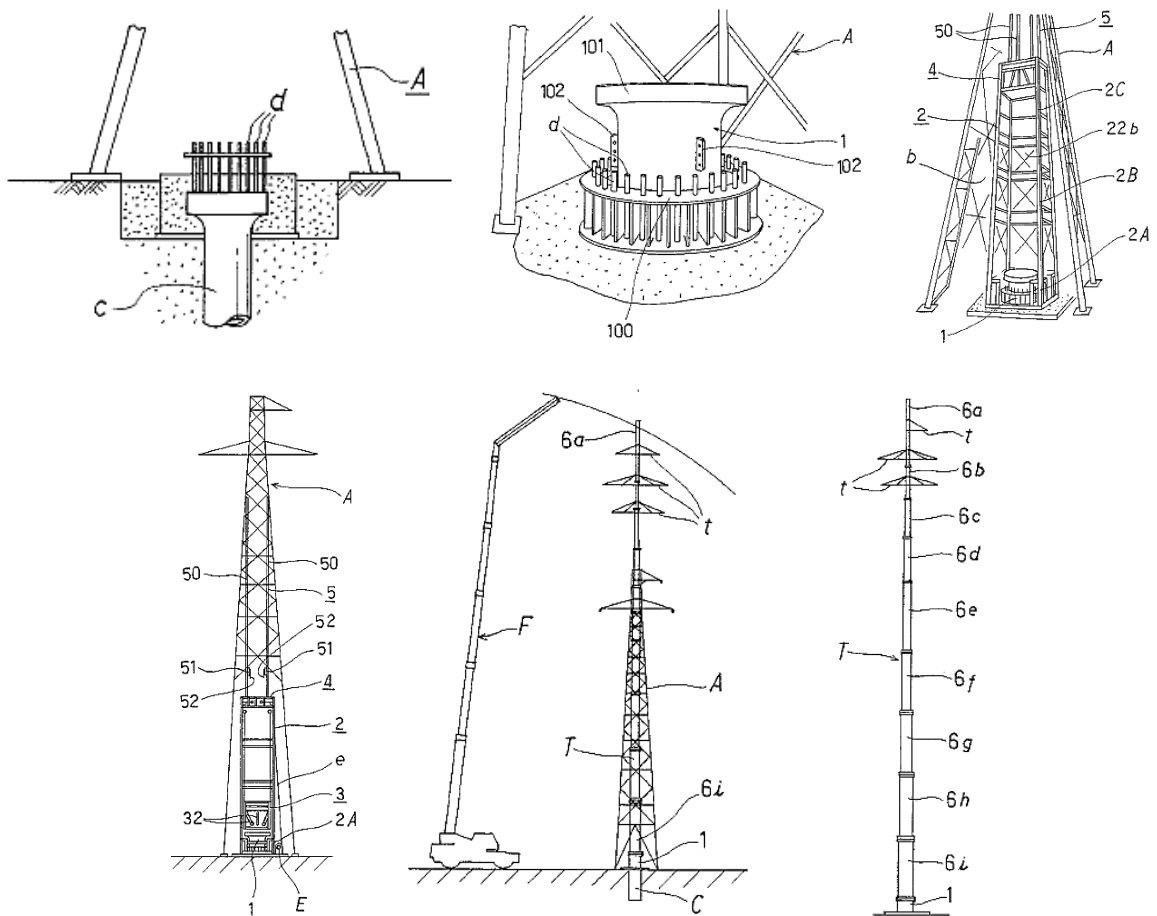


圖 3-6 既設鐵塔內改建新的鐵塔示意圖

本次在日本實習參考雖然因颱風影響無法看到在既設鐵塔範圍

內改建鐵塔基礎的案例，不過有得到相關資訊。這是由柿沼重信先生專利發明的施工方式，並由山加電業株式會社、東北電力株式會社及東洋機械株式會社取得特許權。

此既設鐵塔內改建新的鐵塔的技術，係在既設鐵塔中心地面下設置一大口徑樁基礎，在既設鐵塔構材內採圓形鋼管結構，逐層往上組裝成一座鋼管圓柱型輸電鐵塔，再將既設鐵塔拆除，詳如圖 3-6 所示。

不過台灣地狹人稠，都市發展日漸開發擴大，需要在送電中既設鐵塔作鐵塔提高及塔基改建的案例與日俱增，開發的案件及技術也越來越多，慢慢也不落後日本的技術。

肆、實習後具體建議

（一）值得學習的工安環保措施建議可設項給價

實習參訪到各塔基工區，可以感受日本對於工安環境的用心及重視，甚至已成為常態，幾乎每個工地的工安環保設施都設置得很細膩。

有關參訪日本塔基工程所看到的，比如控制點木樁保護措施、各腳基礎開挖指示牌、基坑開口固定門、上下斜坡防滑條、人員通行動線立桿及尼龍繩、出入口限高措施及高度限制警示牌、用油機具鋪設帆布、物料區分隔交通錐連桿、機具電線架空立桿及綁螢光帶、挖土機設置禁止進入警示條、通風軟管平台座、基坑吊掛物防落護蓋、臨時辦公室及施工人員休息室等，建議可依個案工程性質納入考量，設項給價執行。

（二）逆 T 型基礎（混凝土普通基礎）建議可依地質地形狀況使用

在日本的山區新設塔基施作，仍以逆 T 型基礎為主要的方式，可見作有足夠的可靠性及安全性。

故在山區新設鐵塔基礎時，倘地形較平緩且離邊坡距離較遠時，另外周邊林木良好，附近無沖蝕溝發展形成時，則可考量採逆 T 型基礎，可縮短工期且建造成本。

（三）定期派員與日本電力公司輸電部門交流

本次實習經由台灣鐵塔公司的協助及派員陪同交流學習，深感本公司與日本各電力公司交流的程度還有進步空間。國內不論鐵塔基礎興建及鐵塔構材裝設，甚至災損時鐵構部分變形構件的分析及更換，日本電力建設技術仍是值得多方面學習的對象。

可能是公私部門制度的不同，很多交流仍需透過台灣鐵塔公司協助，有時可能無法明確傳達想要交流學習的部分，建議可以培育

公司的輸電線路及土木部門有日本語文專長同仁，與日本各地的電力公司輸電部門建立長期交流制度，可增進台灣鐵塔及基礎興建技術。