

出國報告(出國類別：實習)

研習新建鐵塔基礎
(含鐵塔裝建及架線)及相關施工

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：李連明(主辦線路土木設計專員)

派赴國家：日本

出國期間：105年7月4日~7月9日

報告日期：105年8月9日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習新建鐵塔基礎(含鐵塔裝建及架線)及相關施工

頁數 30 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/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

李連明/台灣電力公司/輸變電工程處中區施工處/主辦線路土木設計專員

/04-25211646

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：105年7月4日~7月9日

出國地區：日本

報告日期：105年8月9日

分類號/目

關鍵詞：開口式波浪鋼板、工作平台、KEY LOCK、旋臂起重機、塔吊

內容摘要：設計者應於設計及施工規劃階段即實施風險評估，進而將防範工安事故之設施需求納入考量，故有必要派員赴日本研習相關之設計及施工技術，本次實習係安排前往九州電力等相關單位實習參訪並赴施工現場，觀察日方有多樣化之施工機械設備，可層層拆解運至塔址後組裝，故於鐵塔基礎施工或鐵塔裝建均可大幅減少人力運搬；有關鐵塔基礎擋土目前日方已改採開口式波浪鋼板，以減少背填灌漿作業流程，另相關臨時工安設備均值得本公司研議採用，並由小細節可看出日本一絲不苟做事與守法精神，值得我們效法，不僅讓筆者增廣見聞，也藉此實習之相關新思維，以利未來能更加精進本公司鐵塔設計及施工能力。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

	頁次
壹、出國實習目的.....	1
貳、出國實習過程.....	1
參、出國實習內容感想與特殊事項.....	1
一、前言.....	1
二、現場實習線路簡介.....	3
三、日本鐵塔基礎型式介紹.....	5
四、機具設備及材料運搬方法.....	7
五、多樣化施工機械設備.....	9
六、開口型波浪鋼板構造.....	14
七、工安規劃構想與臨時設備.....	21
肆、實習建議與心得.....	29

壹、出國實習目的

近年來日益要求工程之設計者，應於設計階段實施風險評估，致力防止於工程施工發生職業災害。因此，在新建鐵塔或既設送電中鐵塔改建之基礎(含鐵塔裝建及架線)工程，應於設計及施工規劃階段即實施風險評估，進而將防範工安事故之設施需求納入考量，故有必要派員赴先進國家研習相關之作法及技術。

吸取日本在新建鐵塔或既設送電中鐵塔改建之基礎(含鐵塔裝建及架線)工程，於設計及施工規劃階段所進行風險評估與因應對策，及防範工安事故之安全設施設計技術與相關案例，以供本公司未來於線路設計及施工階段時之工安對策參考，提昇本公司注重工安之形象。

本次赴日本實習「日向幹線」基礎設計及施工案例作法，可供本公司未來於線路設計及施工時之參考，並可加速現場施工及確保人員施工安全。

貳、出國實習過程

- 一、 實習日期:105年7月4日至105年7月9日
- 二、 實習地點:日本九州福岡等城市
- 三、 實習機構:九州電力之九州電技開發株式會社、九建株式會社及九建架線工事株式會社等相關單位
- 四、 參訪實習工程:日向幹線新建鐵塔工程

參、出國實習內容感想與特殊事項

一、前言

本次實習係安排前往九州電力公司之九州電技開發株式會社、九建株式會社及九建架線工事株式會社等單位參訪研討，詳圖 1~3，就「日向幹線工程」鐵塔基礎新建、鐵塔裝建工程及工安設計規劃考量作相關討論及溝通交流，並再赴現場目前施工中「日向幹線工程」參訪，現場實習參訪塔號為#15、#30、#34、

#50 等塔，詳圖 4~6，因配合現場基礎及裝塔工程施工時程安排，故部分塔位處深山，僅 1 座塔來回即須 1 小時以上步行路程(尚不包含車行時間)時程安排緊湊充實，且雖正值酷暑但依日方規定進入工地即須更換長袖工作服及配備相關工安設備，故至塔址每個人均已汗流浹背，但至塔址沿途景色、從未見過機械設備、特殊擋土及工作人員認真務實工作態度，筆者認為絕對是難得經驗，以下就針對本次實習所見特殊事項及工法，與本公司目前鐵塔施作工法作相關說明比較。



圖 1 與九州電技社長研討



圖 2 會晤九建株式會社社長



圖 3 至九建架線工事株式會社研討



圖 4 日向幹線#15 塔現場合影



圖 5 日向幹線#34 塔現場合影



圖 6 日向幹線#50 塔現場合影

二、 現場實習線路簡介

本次出國現場實習參訪線路為「日向幹線鐵塔新建工程」全長約 124km，共有 291 座鐵塔，其電壓等級為 500kV、2 回線四導體、導線材質 TACSR/AC(應與本公司 TACSR/AW 耐熱鋁包鋼心鋁線相同)810mm²x4，路徑詳圖 7 之紅線部分，該線路為目前九州電力最大工程，預算約 1000 億日幣(約新台幣 320 億元)，其規劃及用地取得約 5 年，現場施工約 5 年，預計該線路將約 10 年時間完成(預計約 2019 年 6 月完成)，經洽詢日方表示新設本線路最主要目的有三點：(1)北九州地區較南九州蓬勃發展，其用電量需求較大須採南電北送系統(與台灣地區電力系統潮流類似)，故再新增設一路可更確保送電安全穩定；(2)九州西側地區既有 500kV 幹線因已有 30 幾年歷史，故當本線路完成將逐步進行西側既有 500kV 幹線之汰換老舊導線工程；(3)本新設幹線位處九州東側完成後可與西側既有 500kV 幹線連結，九州地區 500kV 系統將可形成一環路系統。

「日向幹線鐵塔新建工程」約有 12%鐵塔位處國有地，詳圖 7 之綠色部分，約 88%鐵塔位處私有地，經與日方討論雖然位於國有土地鐵塔座數不多，但是申辦之手續卻是比私有地繁雜許多，另因日方電力公司已轉民營，故於私有地交涉或補償方面更具彈性故現場施工較無阻撓；反觀以目前國內社會氛圍，本公司線路工程(不論採架空或地下)抗爭均已成常態，且不論公有地或私有地之用地申辦或進場施工面臨之陳抗事件，都亟待政府公權力支持予以突破困境。

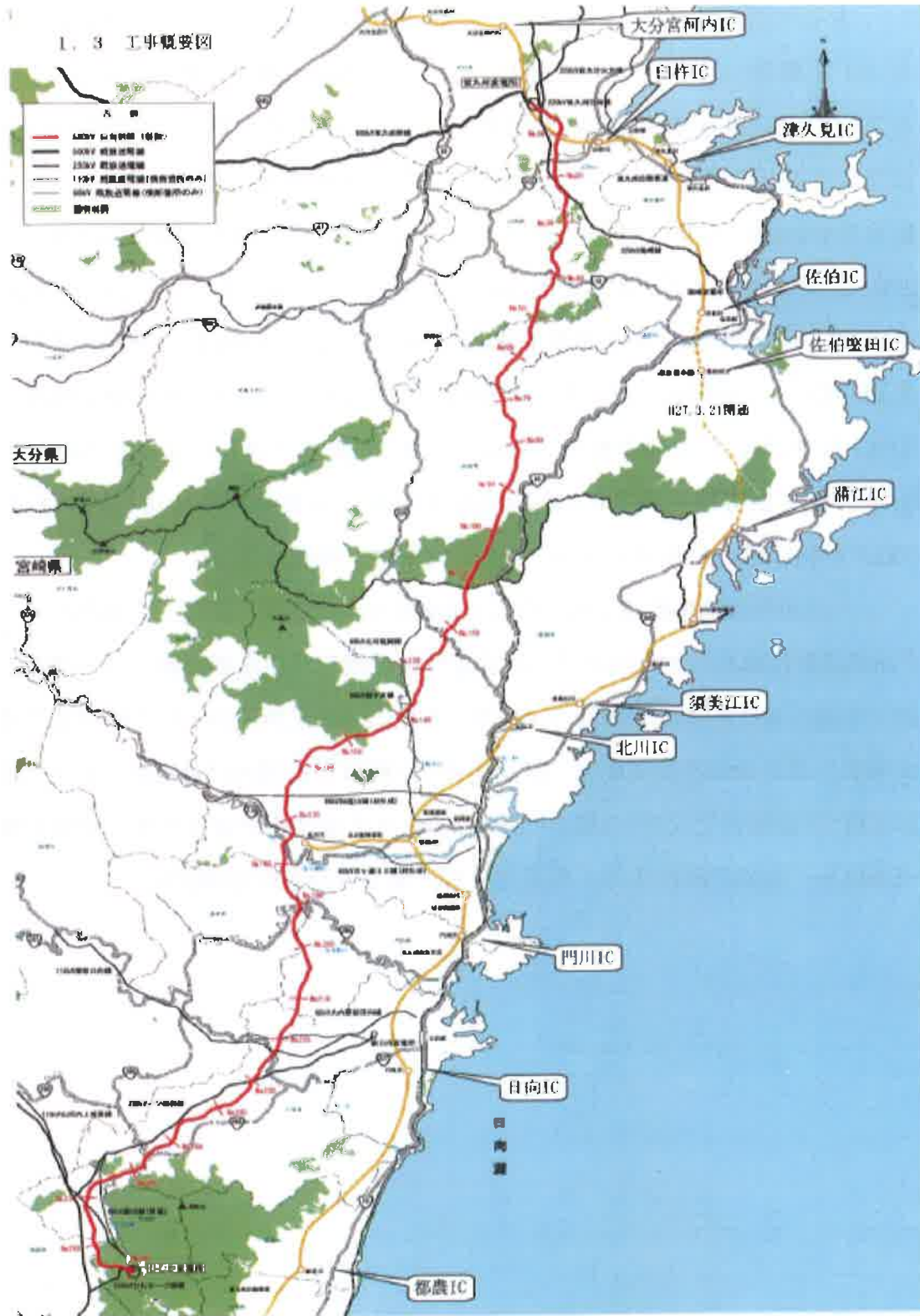


圖 7 日向幹線工程路徑概要圖

三、日本鐵塔基礎型式介紹

目前九州電力鐵塔基礎設計型式原則共分為(1)深基礎、(2)擴底逆 T、(3)深型逆 T、(4)特殊逆 T 基礎(無擴底)、(5)逆 T 樁基礎、(6)筏式基礎，等 6 種型式，其示意圖詳圖 8~10，日向幹線鐵塔基礎採逆 T 及深基礎型式設計經統計約佔 90%(逆 T 型式約佔 45%，深基礎型式約佔 44%)，逆 T 擴底基礎型式因工安考量及為免山區鐵塔基礎深層滑動，本公司目前於山區已無設計逆 T 基礎型式，故目前本公司山區鐵塔基礎多採深基礎設計，另因本公司鐵塔線路設計時因受國內鐵塔之塔腳高、低差最大僅為 7 公尺限制，故當塔址位處地形較陡無法採鐵塔長、短腳配置，或鐵塔高度不足須以鐵塔基礎抬高線下高度等因素時，設計部門通常須採單基樁基礎形式予以克服；反觀日本主柱材採鋼管形式，其強度較本公司採用主柱材為角鋼大，可依個案配合地形設計高、低差較大之鐵塔塔腳(本公司簡化鐵塔標準化各有利弊)，故日本於山區並無設計單基樁基礎(單基樁基礎費用較深基礎高出數百萬元)，本公司如能開發高低差異更大塔腳之鐵塔，則於山區線路鐵塔基礎施工費用應可大幅降低。

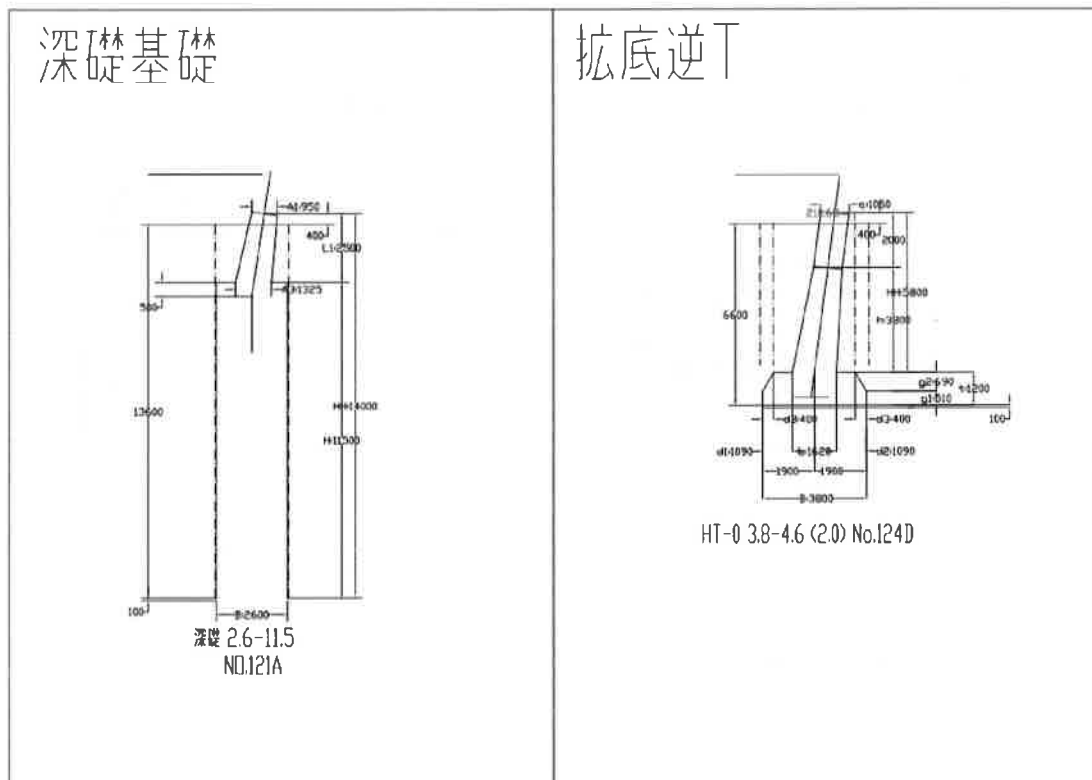


圖 8 深基礎及擴底逆 T 基礎型式示意圖

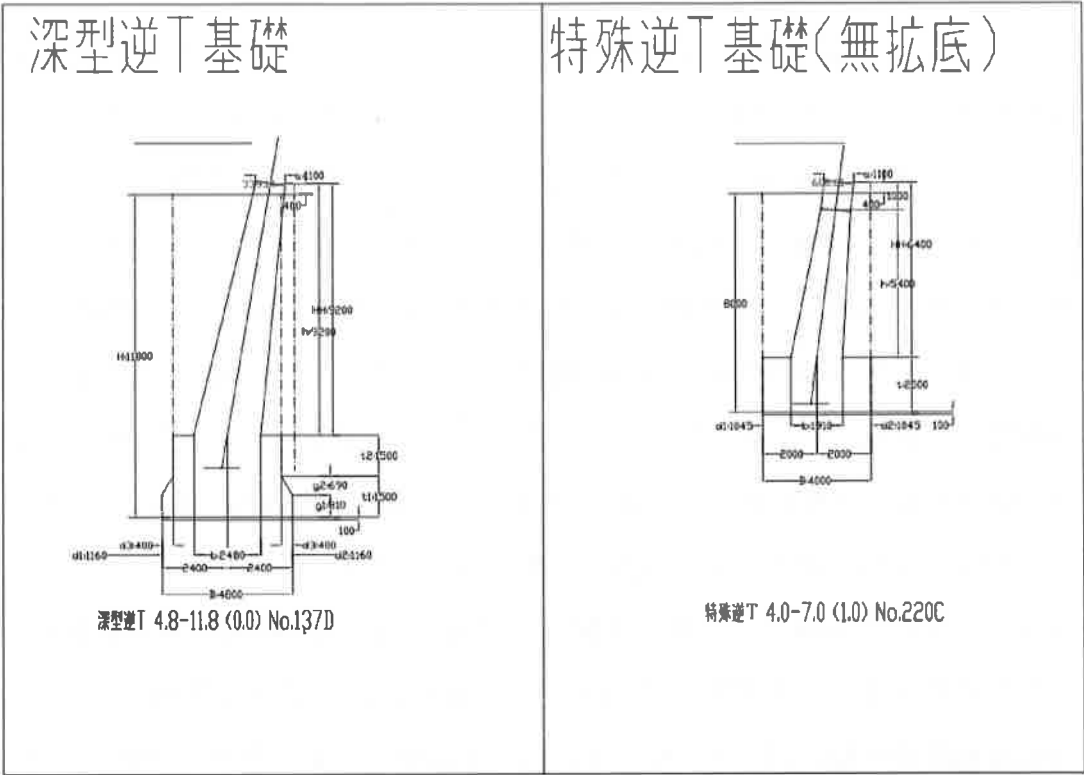


圖 9 深型逆 T 及特殊逆 T 基礎型式示意圖

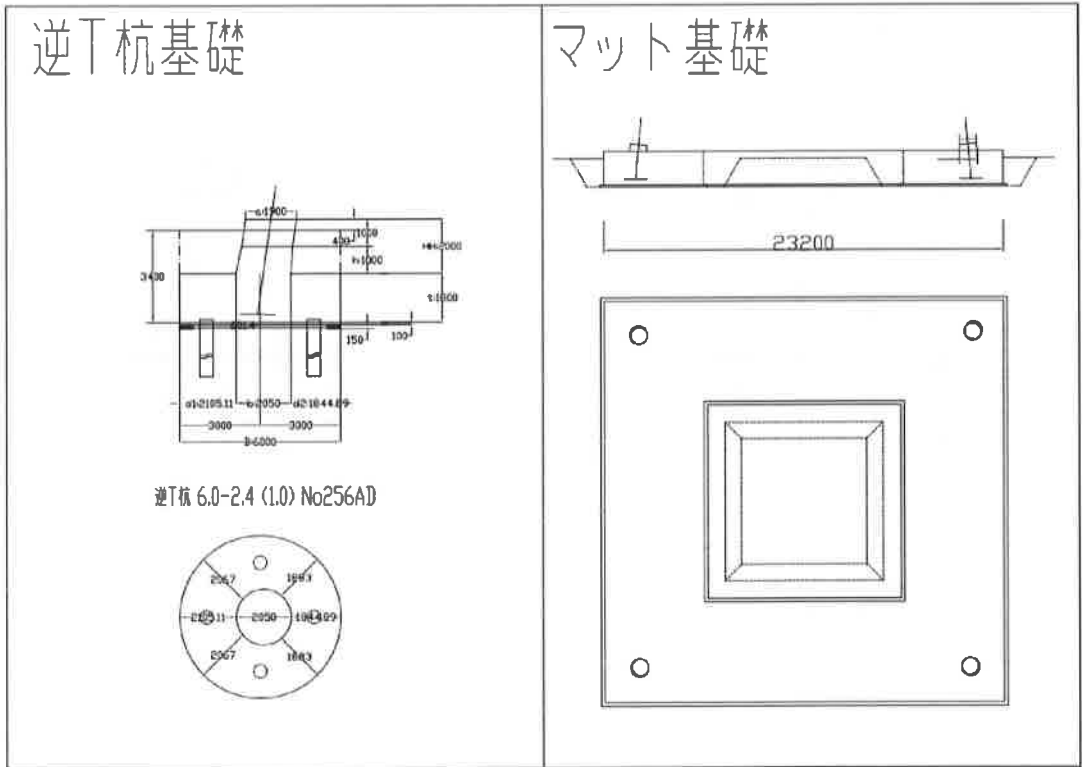


圖 10 逆 T 樁基礎及筏式基礎型式示意圖

四、 機具設備及材料運搬方法

日向幹線施工設備、機具及材料運至塔址方法及所佔比例經統計分別為：(1) 施設搬運道約佔 37%，詳圖 11、(2) 索道約佔 54%，詳圖 13~14、(3) 直升機約佔 4%，詳圖 15~16、(4) 索道+直升機約佔 5%，共四種運搬模式，因直升機搬運費用甚高，故全採直升機運搬僅約 4%；另發現施設搬運道約 37% 比例也不低，係因日本電力公司其用地取得及補償交涉均較本公司更為彈性，且考量未來維護車輛進出，如經費允許，以交涉運搬道施設為優先，筆者至#50 塔參訪勘查即須經過國有林道(約 2km)，經詢該林道係由九州電力為該線路而擴大整修且新闢部分為道路，該路面部分採混凝土路鋪面，其餘多採碎石級配鋪設，因道路坡度較陡，為避免雨水沖刷路面形成沖蝕溝，故於部分路段設置簡易橡膠片(詳圖 11)，類似截水溝功能，可將水導至路旁之消能石籠(詳圖 12)，另一功能也可提醒開車人員注意慢行，日方表示該林道位處國有林故申請手續耗費較久時間，如私有土地則較為容易且因施工前均已談妥補償事項，故進場施工較無民眾陳抗事件；反觀國內輸電線路施工囿於環評、水保及用地取得等規定，無法新闢施工便道，如塔址無鄰近既有道路，僅能採索道方式運搬，故工程施作推展進度較為困難，且未來維護單位進出也較為困難。

有關索道支柱之材質與國內較為不同，其中起點 A 型支柱及中間支柱均採組裝容易之框式構件，索道吊運荷重可達 2~3 噸，A 型支柱可配合地形樹木高低組裝，其高度可達 24 公尺，詳表 1，反觀國內索道之支柱多採 H 型鋼，故其高度也較為受限。

表 1 A 型支柱容許壓縮荷重表

支柱高	支柱部材長さ	支柱実高さ	脚開き	許容壓縮荷重
10m	1000cm	1078.6cm	525.9cm	64228kg
12m	1200cm	1276.4cm	615.9cm	61297kg
15m	1500cm	1565.8cm	750.9cm	56637kg
18m	1800cm	1858.0cm	885.8cm	50969kg
20m	2000cm	2052.9cm	975.8cm	47079kg
24m	2400cm	2442.7cm	1155.8cm	38338kg



圖 11 搬運道路面截水橡膠片



圖 12 搬運道旁石籠消能池



圖 13 索道門型架



圖 14 索道終點 A 型架



圖 15 直昇機吊運挖土機履帶



圖 16 直昇機吊運貨櫃屋

五、多樣化施工機械設備

筆者經本次實習深切感受日本為重機械大國，日方有多樣化之施工機械設備，可層層拆解運至塔址後，再由小機械組裝大機械以利後續施工作業，日方認為機械可以做的事就盡量不要人去做，人搬重物或太耗體力都是違反人性，違反人性就易衍生工安事故，為減少人力搬運鋼筋、浪板等較重材料，寧可花多一點時間在工地組裝臨時機械設備，以確保後續施工安全。

塔基施工前均先組裝一台「旋臂起重機」，詳圖 17，該設備之作業半徑可達 24 公尺，吊掛荷重 1.5~2.85 噸，詳圖 18，動力電源 200V/50HZ，採無線遙控，以利現場材料吊放運搬及土方吊運，甚至部分鋼筋籠可於地面上組立完成後再吊放基礎坑內，以減少人員於坑內組立鋼筋作業時間；該旋臂式起重機均可層層拆解後，並以索道吊運至塔址組裝，其安裝過程，詳圖 19~36，經檢視該「旋臂起重機」雖已拆解至小單元構件，惟組裝過程無法完全採人力組裝，仍需要較小吊車機械組裝，反觀國內鐵塔施工過程無日方多樣化之機械可使用，施工上實在較為艱辛且不便。



圖 17 旋臂起重機遠照

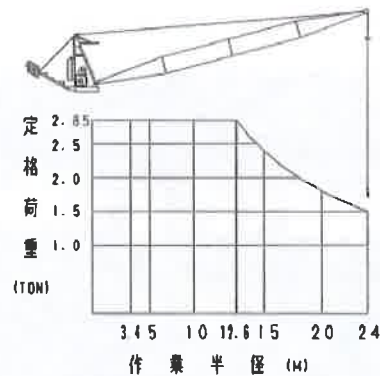


圖 18 旋臂起重機作業半徑與荷重圖



圖 19 中心基礎整平



圖 20 中心單元基座設置



圖 21 水平腳架裝設



圖 22 垂直支撐腳架設置



圖 23 主框架安裝



圖 24 動力裝置安裝

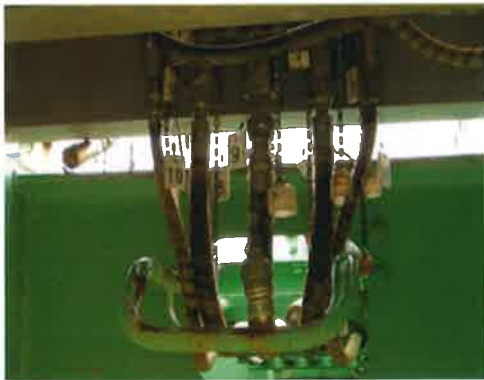


圖 25 動力單元接線



圖 26 配線電纜佈線



圖 27 絞盤單元安裝



圖 28 A 型框架安裝



圖 29 平衡臂安裝



圖 30 平衡塊吊放安裝



圖 31 吊臂單元安裝



圖 32 吊臂吊放



圖 33 吊臂安裝



圖 34 鋼索轉盤安裝



圖 35 鋼索線安裝



圖 36 安裝完成

另於鐵塔基礎完成後再以「旋臂起重機」於塔中心另組立一台「塔吊」，詳圖 37，以利後續裝塔作業，詳圖 38~42，該「塔吊」均可拆解重量為 1.2t 以下單元，並以索道運送到塔址組裝，以鋼索固定於 4 支基礎圓形支柱材掛勾，隨著鐵塔組裝一段高度後，再以油壓系統提升「塔吊」上部單元之高度後，再於最下層加裝另一框式構件單元，並再與上層鐵塔支柱材構件以鋼索固定，如此重複直至鐵塔構件全部組裝完成，其塔吊最大荷重為 2.0tX10m，最大作業半徑 1.25tX16m(20tm)，最高可達 116m，採有線遙控。該工法比較特別為橫擔裝建次序與本公司不同，係由 C3→GW，詳圖 43~45，本公司採台棒法則由 GW→C3。



圖 37 塔吊照



圖 38 塔吊裝建鐵塔構件



圖 39 腹材吊放

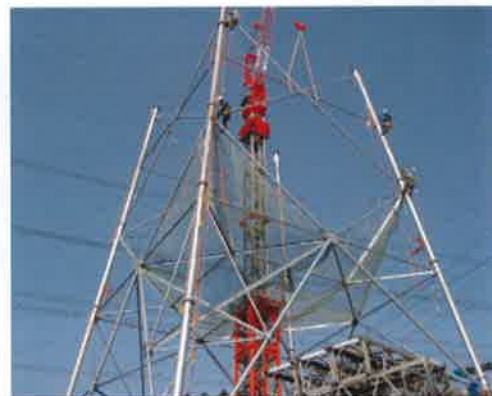


圖 40 腹材組立



圖 41 支柱材組立



圖 42 橫擔組立

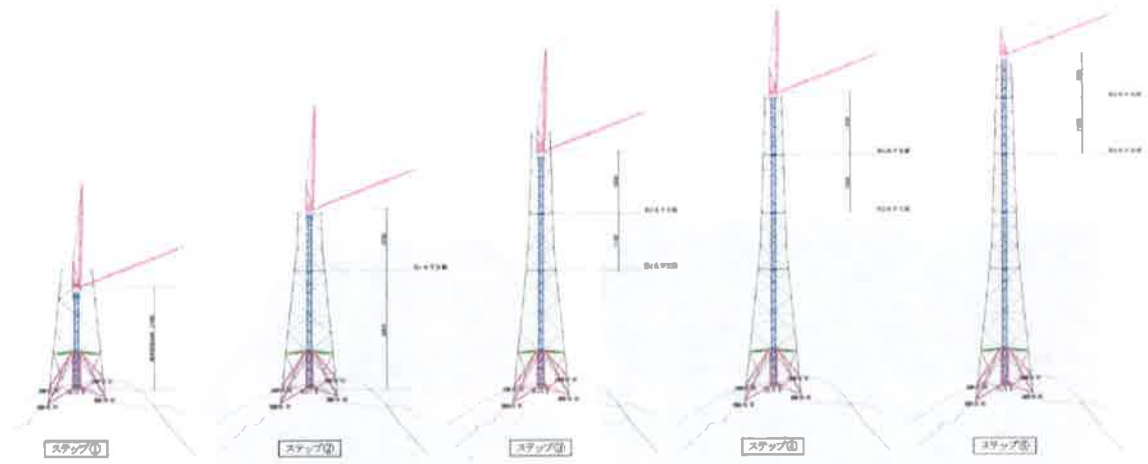


圖 43 鐵塔裝建採塔吊工法步驟 1-5

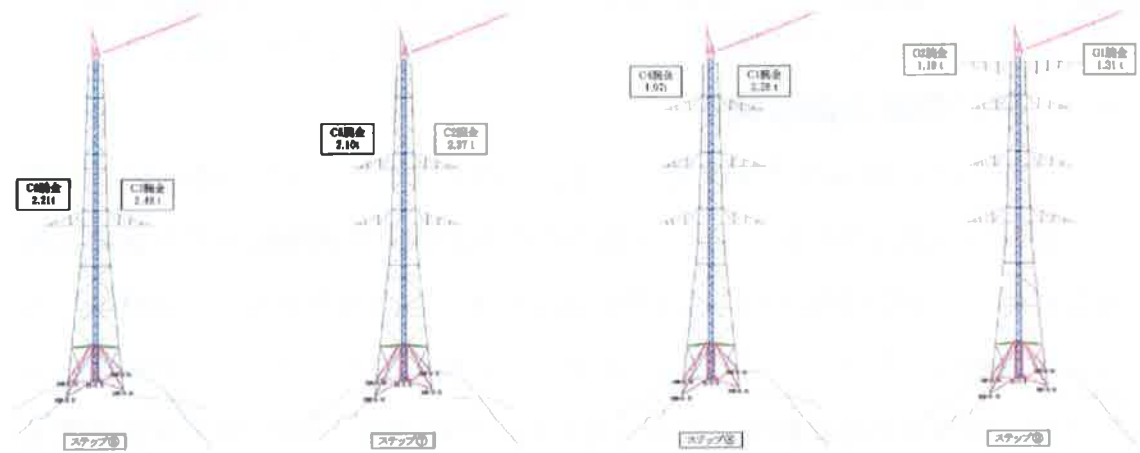


圖 44 鐵塔裝建採塔吊工法步驟 6-9

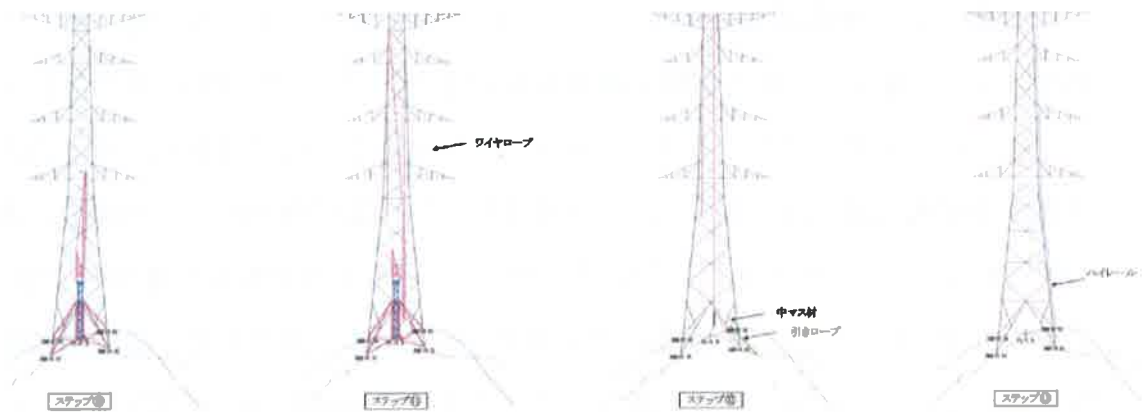


圖 45 鐵塔裝建採塔吊工法步驟 10-13

基礎開挖因屬局限空間作業場所，禁止使用內燃機，故坑內均採供電式挖土機，詳圖 46~47，日本最小可於基礎直徑 2.5 公尺使用，但也需考慮該塔地質情形，如太堅硬地質則其挖斗需更換為破碎式機頭。



圖 46 小型挖土機(1)



圖 47 小型挖土機(2)

六、開口型波浪鋼板構造

目前日方鐵塔基礎多採深基礎或筏式基礎型式設計，該塔位處山區且無地下水時均採波浪鋼板擋土工法，如地質條件不錯則波浪鋼板將會予以拆除以利重複使用，另如地質條件不佳或開挖較深之擋土，則改用開孔型之波浪鋼板，其每片波浪鋼板共有 4 個開孔，詳圖 48~49，因浪板開口角度可防止土砂掉入，該工法可一併於澆置基礎體時直接讓混凝土外溢至開挖面，詳圖 50，無需背填灌漿，進而簡化施工作業流程，減少背填灌漿作業時間，詳圖 51，現場採開孔型之波浪鋼板擋土組裝完成照片，詳圖 52~53。

反觀本公司鐵塔波浪鋼板擋土工法，係於民國 70 年代由日本引進，故工法都大同小異，雖本公司波浪鋼板結構標準圖面也有開口式，惟其開口係半月形且尺寸過小較不適用，且近年考量工安疑慮，故目前均不拆除波浪鋼板，並以背填灌漿填滿鋼板與開挖面之縫隙，該背填灌漿數量係以開挖理想狀況之理論值計算，因地質條件不同，致承商難以控制開挖面情況下，其背填灌漿數量計價偶有爭議，且需開挖擋土約 2~3 公尺即需進行背填灌漿，施工作業上較為繁雜，背填飽實檢驗不易，如承商超挖過大又背填灌漿不實，雨水易從基樁與開挖面縫隙流入，對後續基樁結構行為及周邊坡地穩定影響很大。



圖 48 開口型波浪鋼板單片立面照

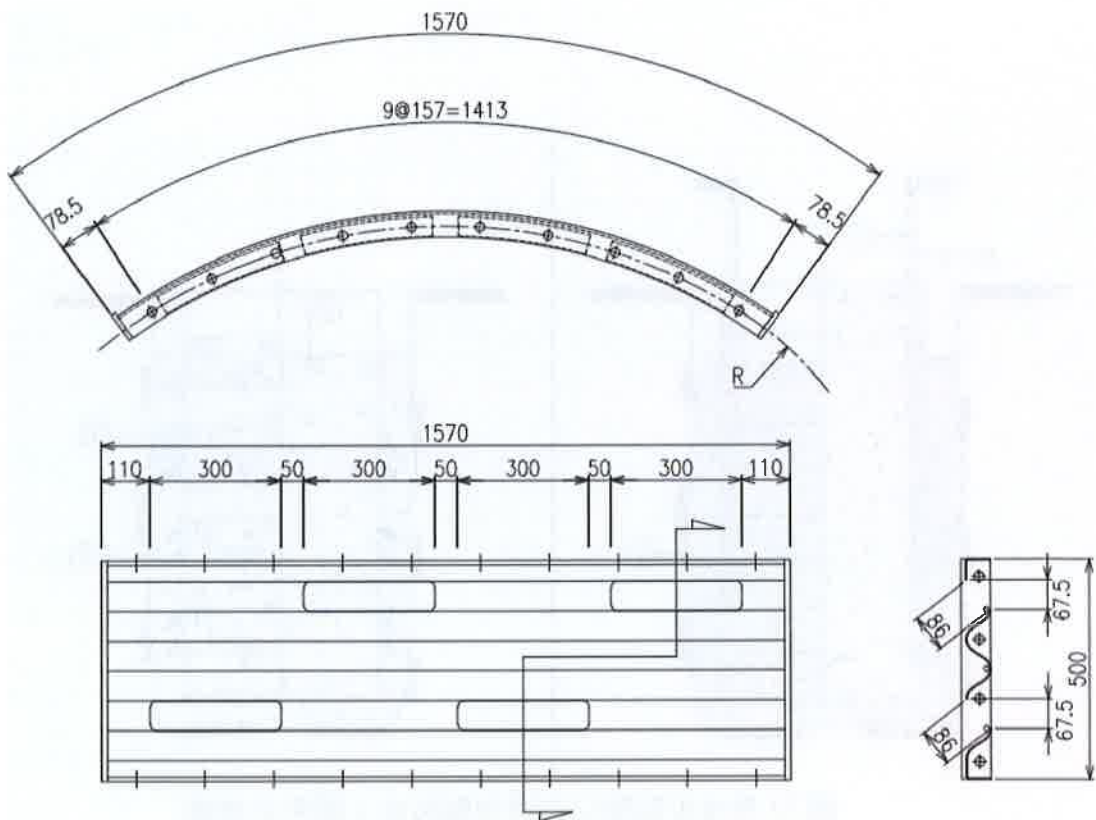


圖 49 開口型波浪鋼板尺寸圖

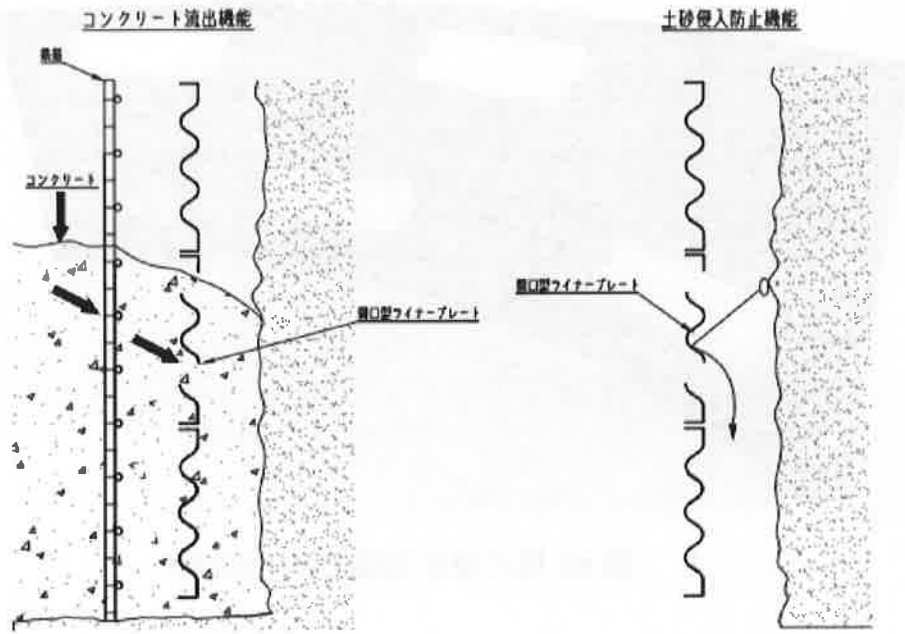


圖 50 開口型波浪鋼板混凝土溢出及防止土砂流入示意圖

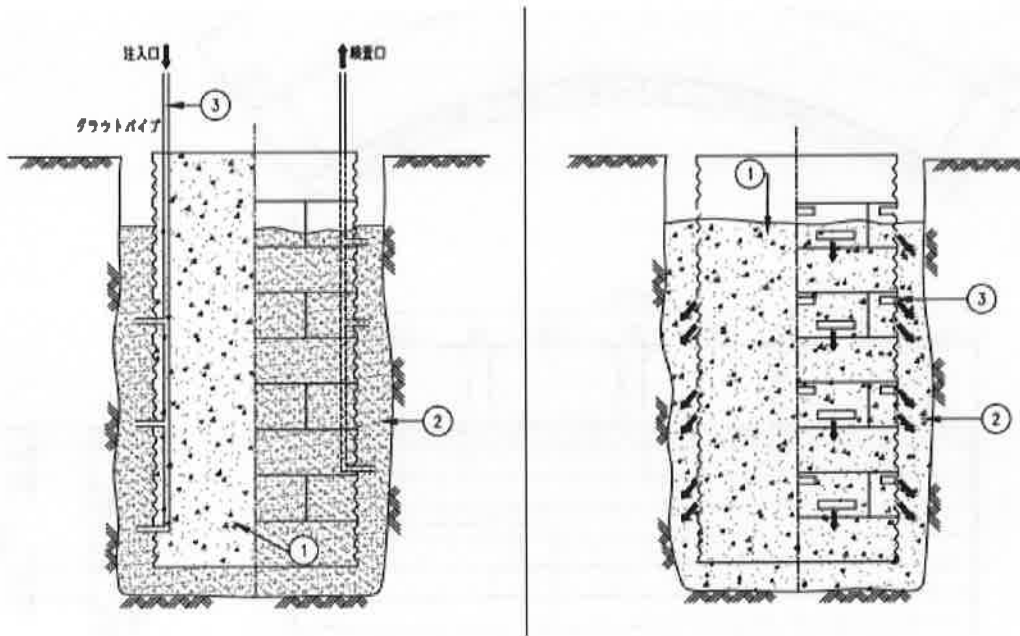


圖 51 標準型與開口型波浪鋼板施工順序示意圖



圖 52 深層採開口式波浪鋼板照

圖 53 全面採開口式波浪鋼板照

經計算開口型波浪鋼板斷面性質，每公尺斷面二次矩約為標準型之 88%，如採標準型+開口型組合，其每公尺斷面二次矩約為標準型 95%，詳表 2~3，故其開口型波浪鋼板強度折減不多，於各不同地質條件下應可廣泛使用，且經計算因增加 4 個開口，不僅鋼板材料費用可減省約 12%較為環保外，另波浪鋼板重量減輕，人員於組裝及運搬上也較為輕鬆。

表 2 開口型+標準型波浪鋼板斷面性能表

ライナープレート開口型

(50cm 当り)

板厚 t mm	断面積 A cm ²	断面係数 Z cm ³	断面二次モーメント I cm ⁴
2.7	17.45	20.0	82.5
3.2	20.67	23.5	73.0
4.0	25.79	29.0	92.0

開口型と標準型を1段おきに使用した場合

(1m 当り)

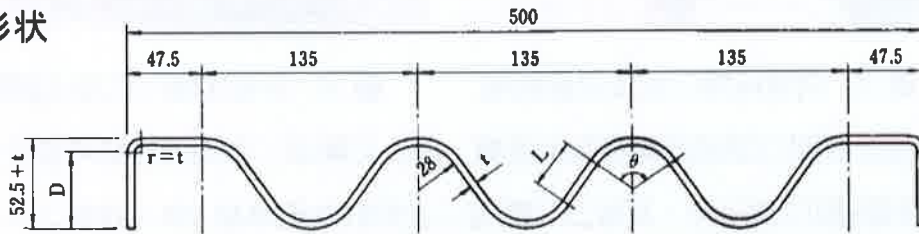
板厚 t mm		断面積 A cm ²	断面係数 Z cm ³	断面二次モーメント I cm ⁴
開口型	標準型			
2.7	2.7	37.33	43.0	133
3.2	3.2	44.23	50.7	157
4.0	4.0	55.22	62.7	197



表 3 標準型波浪鋼板斷面性能表

板厚 t (mm)	D (mm)	弧の 中心角 θ	L (mm)	1枚当り (500mm当り)			1m当り		
				断面積 A(cm ²)	断面係数 Z(cm ³)	断面二次 モーメント K(cm ⁴)	断面積 A(cm ²)	断面係数 Z(cm ³)	断面二次 モーメント K(cm ⁴)
2.7	49.8	109° 30'	33.9	19.88	23.0	70.5	39.78	46.0	141
3.2	49.3	110° 14'	33.1	23.56	27.2	83.8	47.12	54.4	168
4.0	48.5	111° 28'	31.8	29.43	33.7	105	58.86	67.4	210
4.5	48.0	112° 14'	31.0	33.11	37.9	119	68.22	75.8	238
5.3	47.2	113° 26'	29.6	38.95	44.4	140	77.90	88.8	280
6.0	46.5	114° 52'	28.3	44.10	50.0	160	88.20	100	320
7.0	45.5	116° 50'	26.4	51.43	58.1	186	102.9	116	376

波形状



如以開口式波浪鋼板全面取代本公司波浪鋼板結構標準圖，以最大直徑 =6.5m~7.5m(TSLD-003-2069RA)標準圖計算檢核如屬安全，則其他較小直徑標準圖應也安全無虞，計算如下：

(1)地質條件及土壓力理論：

假設土壤單位重 $\gamma_s = 2.0 \text{ t/m}^3$ ，
 靜止土壓力係數 $K = 0.5$ ，
 直徑 $D = 7.5 \text{ m}$ 、基礎挖深 $h = 35 \text{ m}$ ，
 JIS G 3101-SS400 彈性模數 $E = 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$ ，
 開挖周邊載重 $= 1 \text{ t/m}^2$ ，
 最大土壓力 $= K * (\gamma_s * 15 + 1) = 15.5 \text{ t/m}^2$ ，
 土壓力分佈參考日本道路橋示方書，如圖 54
 地下水位於地面下 25m

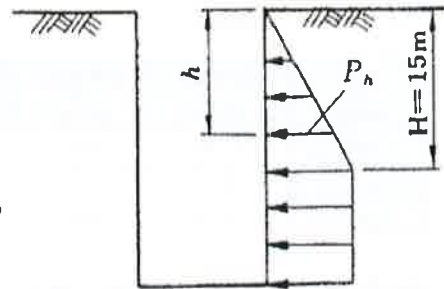


圖 54 土壓力分佈圖

(2)使用材料及斷面性能

波浪鋼板 t(mm)	斷面積	斷面係數	斷面慣性矩	H型鋼(加 強環)	斷面積	斷面係數	斷面慣性矩
	$A_I(\text{m}^2)$	$Z_I(\text{m}^3)$	$I_I(\text{m}^4)$		$A_H(\text{m}^2)$	$Z_H(\text{m}^3)$	$I_H(\text{m}^4)$
4.5	5.802E-03	6.524E-05	2.070E-06	H200X200	6.353E-03	4.720E-04	4.720E-05

(3)軸力、彎曲力矩之分配率

波浪鋼板軸力分配率 $\alpha_L = \frac{A_L}{A_L + A_H/L}$ ，加強環軸力分配率 $\alpha_H = \frac{A_H/L}{A_L + A_H/L}$

波浪鋼板彎曲力矩分配率 $\beta_L = \frac{I_L}{I_L + I_H/L}$ ，加強環彎曲力矩分配率 $\beta_H = \frac{I_H/L}{I_L + I_H/L}$

H型鋼(加強環)L(m)	軸力分配率		彎曲力矩分配率	
	α_L	α_H	β_L	β_H
1	0.48	0.52	0.04	0.96

(4)強度計算

容許挫屈荷重(t/m²) $q_a = \frac{2E(I_L + \frac{I_H}{L})}{R^3}$

極限挫屈荷重(t/m²) $q_k = \frac{3E(I_L + \frac{I_H}{L})}{R^3} = 1.5q_a$

軸力(t/m) $N = P_h \times R$

彎曲力矩(t-m/m) $M = \frac{S_0 \times P_h \times R}{(1 - P_h/q_k)}$

其中 R：基礎半徑，S₀：彎曲量=0.01R(考量 1%半徑組裝誤差)

設計材料			圓形部分挫屈檢討		彎曲壓縮力檢討		
波浪鋼板	H型鋼		容許挫屈荷重	設計側壓	極限挫屈荷重	軸力	彎曲力矩
板厚t(mm)	構材	L(m)	q _a (t/m ²)	Ph(t/m ²)	q _k (t/m ²)	N(t/m)	M(t-m/m)
4.5	H200X200	1	39.24	25.5	58.86	95.625	6.33

(5)應力檢核

波浪鋼板應力 $\sigma_L = \frac{\alpha_L \times N}{A_L} + \frac{\beta_L \times M}{Z_L} < \sigma_{La}$

加強環應力 $\sigma_H = \left(\frac{\alpha_H \times N}{A_H} + \frac{\beta_H \times M}{Z_H} \right) \times L < \sigma_{Ha}$

波浪鋼板容許應力 $\sigma_{La}=21000 \text{ t/m}^2$ (SS400)

加強環容許應力 $\sigma_{Ha}=21000 \text{ t/m}^2$ (SS400)

波浪鋼板		H型鋼	
發生應力值	容許應力值	發生應力值	容許應力值
$\sigma_L(t/m^2)$	$\sigma_{La}(t/m^2)$	$\sigma_H(t/m^2)$	$\sigma_{Ha}(t/m^2)$
11792	21000	20702	21000

綜上，波浪鋼板及 H 型鋼發生應力值均小於容許應力值，於假設範圍內設計結構材料強度安全無虞。

如採開口型波浪鋼板需注意事項：(1)浪板設置方向要正確，詳圖 55、(2)混凝土粗骨材應小於 4 公分，坍度應大於 10 公分、(3)施工時根據基樁徑開挖體積與澆築混凝土量確認、(4)波浪鋼板與地面吊放固定需確實，詳圖 56。

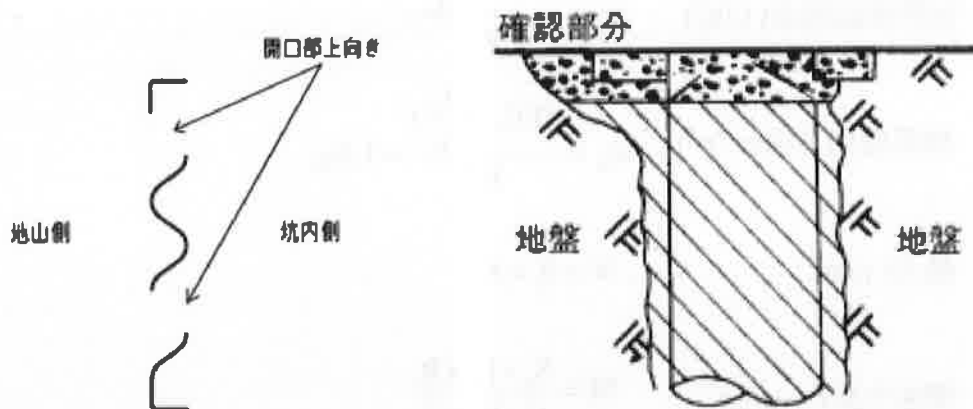


圖 55 開口型波浪鋼板設置方向

圖 56 波浪鋼板固定確認

故日後本公司鐵塔基礎擋土工法如改採開口式波浪鋼板，以決標之「通霄~義和 345kV 線#30 塔」(深基礎、直徑 3.5m、深度約 20m)為例，可節省約新台幣 11 萬元及 5 個工作天，相關差價計算如下：

(1)原契約背填灌漿費用：

背填灌漿費用=513 包*320(元/包)=164,160 元

灌漿機具設備費=41,123 元

背填灌漿合計費用=164,160+41,123=205,283 元

(2)改開口式波浪鋼板(以混凝土取代)費用：

513/11.8*2,102=91,383 元

(3)節省費用：

20,5283-91,383=113,900 元

(4)節省工期:

如以每開挖擋土 2 公尺即需背填灌漿 1 次，每次花費 1 小時，則該座鐵塔基礎即需 40 小時(約 5 個工作天)。

七、 工安規劃構想與臨時設備

人員進入日方臨時工房居然要換室內拖鞋，且辦公室乾淨整潔程度實在難以想像，這裡居然是工地工房，詳圖 57~58，而且工地之人員主要通道均有鋪設橡膠階梯，詳圖 59 或人工草皮，詳圖 60 以避免人員滑倒，如有禁止攀爬警語，日方即會鋪設細網，讓人真的無法攀爬，詳圖 61，甚至工址均有規劃吸菸區，詳圖 62，工作人員均統一穿著相同之工作服，綜上，可以從這些小地方看出，日方之工安規劃構想與臨時設備為確實執行而非口號。



圖 57 臨時工房



圖 58 臨時工房鞋櫃



圖 59 橡膠階梯通道



圖 60 人工草皮通道



圖 61 警語兼防爬裝置



圖 62 工地吸菸區

為避免因堆放施工器材，需進行之現場切方整平，進而破壞工址原地形，故日方解決策略係施工前於塔址組立臨時工作平台，詳圖 63，該平台組裝容易且藉由多尺寸之柱(45、90、180 公分)、梁、網狀踏板、斜材、欄杆等構件，可事先拆解後運至工地，並配合地形調配組裝，詳圖 64~65，其完成後因堆放載重方式不同，約可承受平均荷重 $1000\text{kg}/\text{m}^2$ 或集中荷重 615kg ，詳圖 66，該平台可堆放施工所需材料、機具、臨時工房、臨時流動廁所及發電機等，且清楚標示材料放置區、休息區，故工址現場看起來井然有序，人員較不會因材料亂放而絆倒這也是工安考量一環。



圖 63 工作平台照

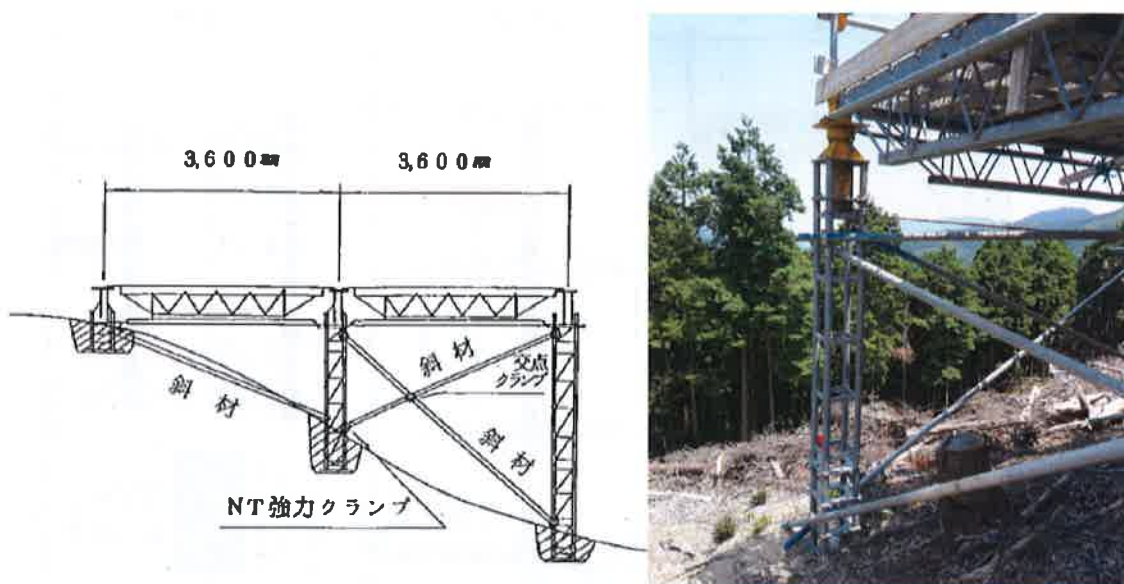


圖 64 工作平台示意圖及近照

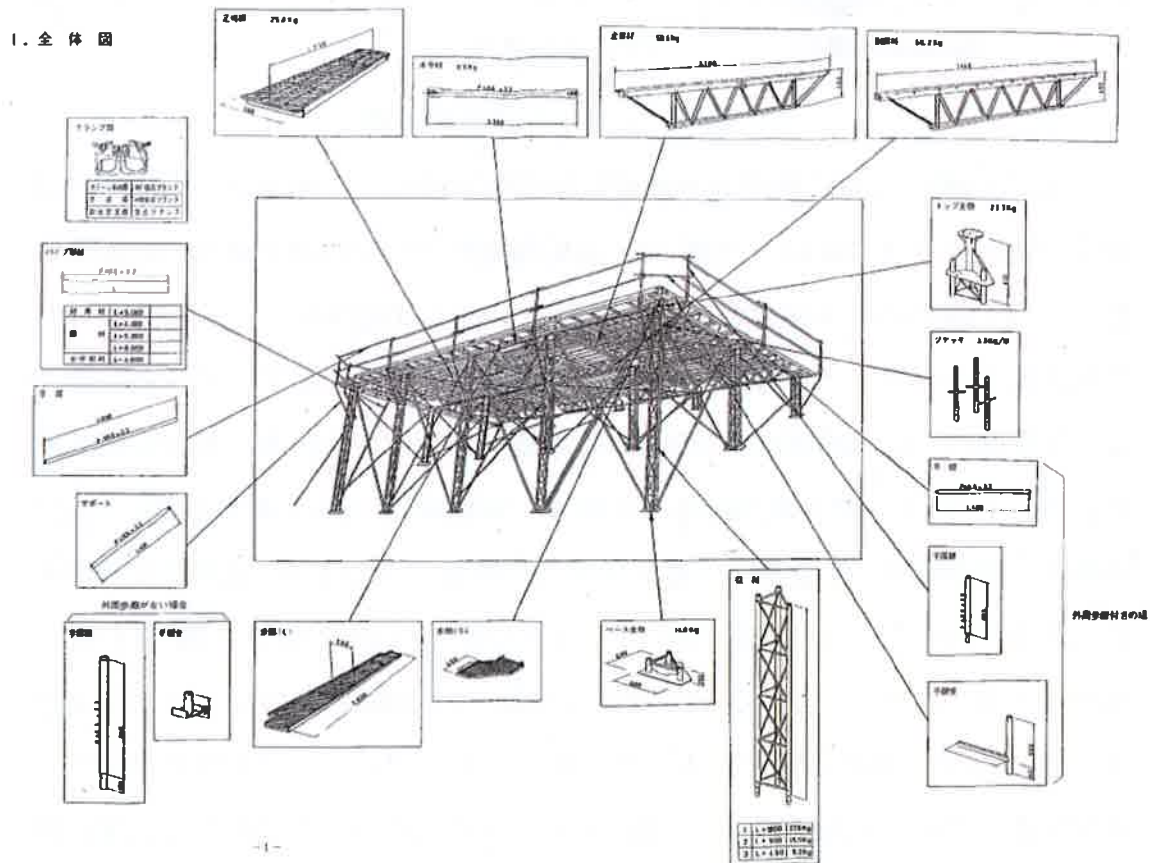


圖 65 工作平台組裝分解圖

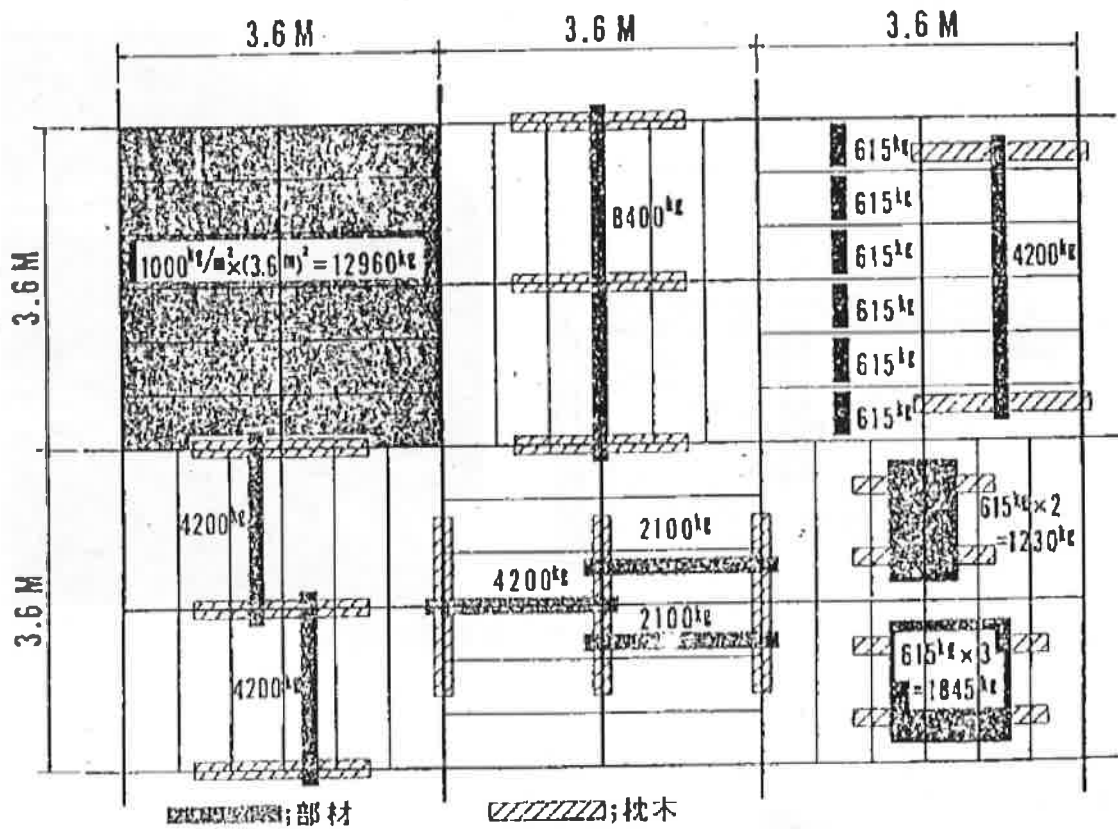


圖 66 工作平台承載荷重圖

日方為確保人員於鐵塔裝建或延緊線過程需登塔之作業安全，而使用之鍵鎖安全繩系統(KEY LOCK)，詳圖 67，該配備優點共有：(1)可全時性的保障作業人員安全、(2)隨時有安全繩連結安全有保障、(3)插入式的操作方式方便好用、(4)主動式的安全系統、(5)不因操作的失誤而處於不安全之狀態等 5 項，故只要人員一登塔即有一條保護繩插入 KEY LOCK 本體，該配備並與作業人員採穿帶式連身，其 KEY LOCK 本體有兩個插座，如插入一個接頭另一個接頭才會跳脫，僅於塔腳備有鑰匙解開，詳圖 68，可避免作業人員登塔不小心墜落，該鍵鎖安全繩系統(KEY LOCK)可分為：(1)垂直母繩、(2)水平母繩、(3)KEY LOCK 本體、(4)垂直繩用安全器、(5)水平子繩、(6)移動式安全繩、(7)間隔器圓型安全繩等 7 項組成，詳圖 69~76，鐵塔各部位所需之不同單元，詳圖 77 所示，該系統各母繩及子繩等配備之使用方法簡易圖示，詳圖 78~83，可見這方面日本重視工安已簡化到預防矯正作業人員的行為約束手段，運用避免產生錯誤的限制方法，讓操作者不需要花費注意力、也不需要經驗與專業知識即可直覺無誤完成正確的操作；反觀本公司於本方面之安全作法，係採安全母索系統、防墜器及背負式安全帶等安全

配備，做法與日本大同小異，惟本公司方法係人員於垂直與水平動線方向不同時，應注意先將連身之安全繩扣於水平母索後，方可解除垂直向防墜器，以避免轉換時衍生之短暫安全漏洞。



圖 67 鍵鎖安全繩系統照



圖 68 KEY LOCK 鑰匙



圖 69 垂直母繩



圖 70 水平母繩



圖 71 KEY LOCK 本體



圖 72 垂直繩用安全器



圖 73 水平子繩



圖 74 K1 型移動式安全繩

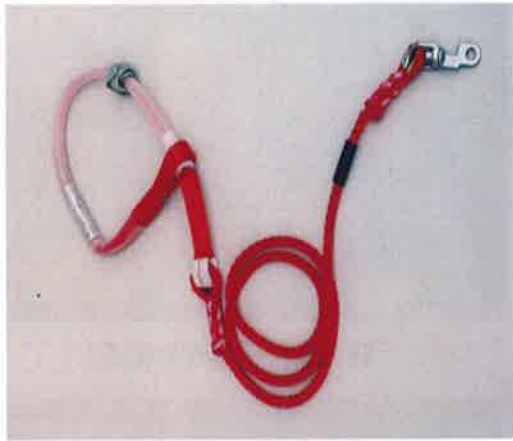


圖 75 K2 型移動式安全繩



圖 76 間隔器圓型安全繩

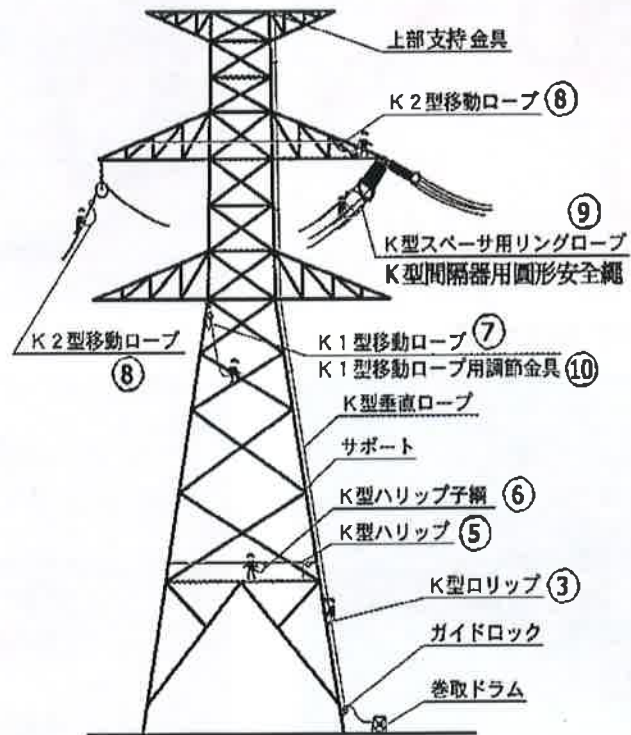


圖 77 鍵鎖安全繩系統鐵塔之各部位配置圖

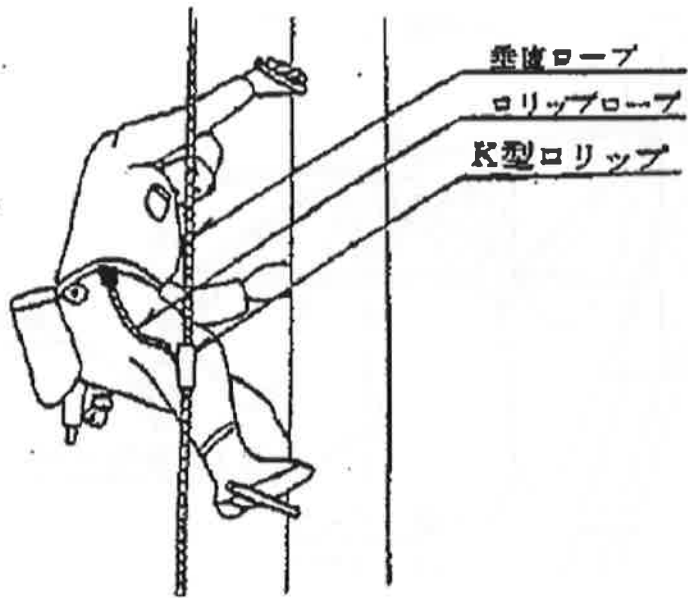


圖 78 K 型垂直繩用安全器使用圖示

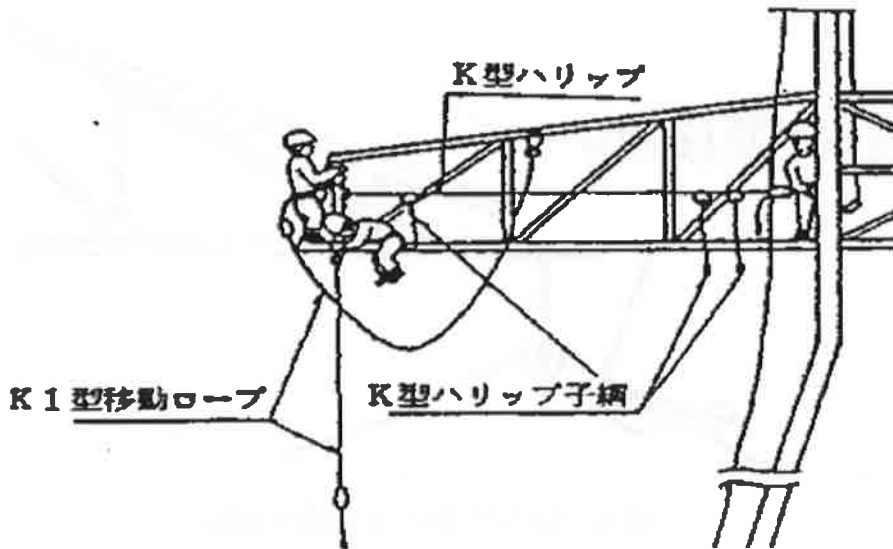


圖 79 K 型水平母繩的使用場合圖示

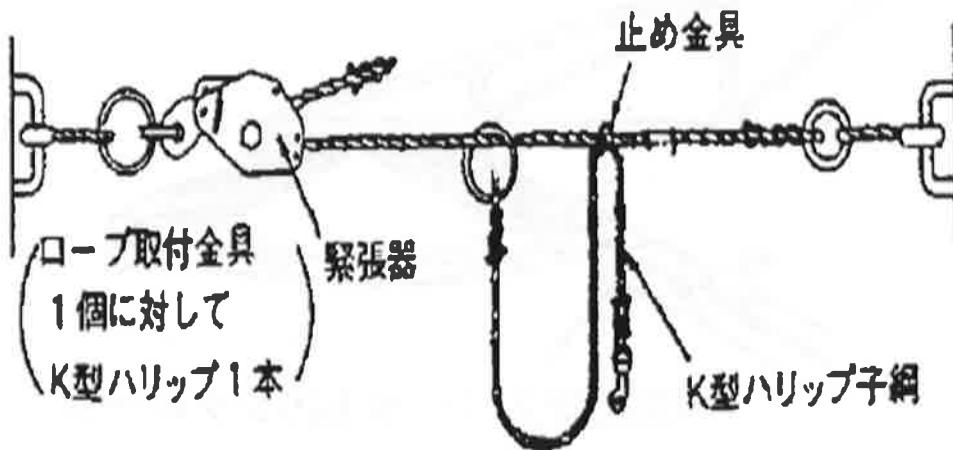


圖 80 K 型水平子繩的使用法圖示

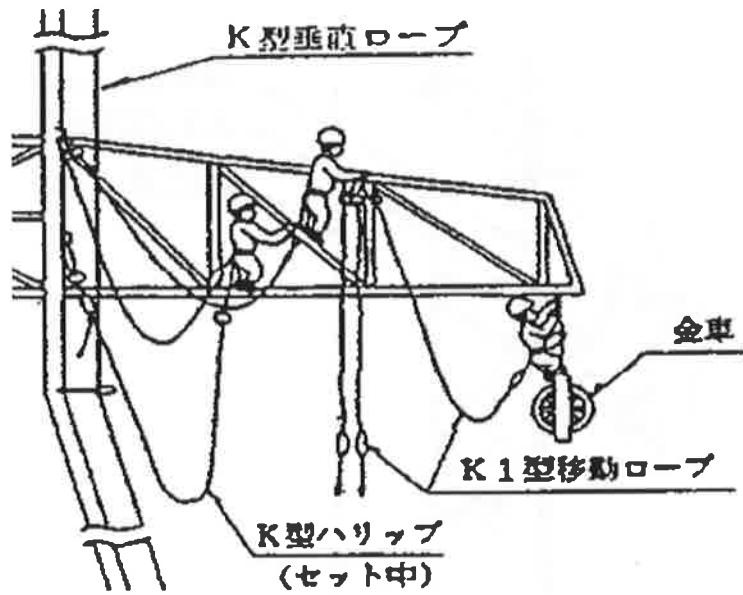


圖 81 K1 型移動式安全繩使用圖示

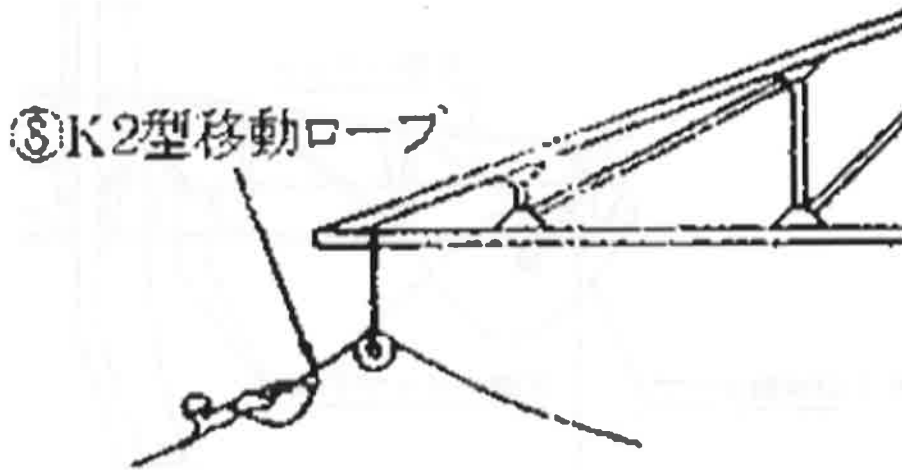


圖 82 K2 型移動式安全繩使用圖示

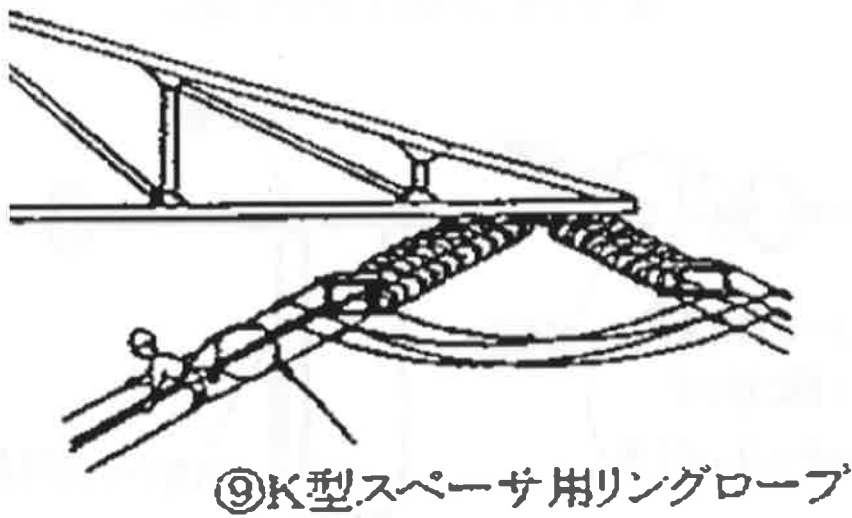


圖 83 K 型間隔器(圓型安全繩)的使用圖示

肆、實習建議與心得

- 一、本公司鐵塔基礎波浪鋼板擋土施工源自日本，如今日方已簡化施工流程改採開口式波浪鋼板，可免除背填灌漿作業，且於假設地質條件及開挖深度下經結構計算安全無虞，應可套用本公司波浪鋼板標準圖面，未來鐵塔基礎施工如採用該開口式波浪鋼板，應可期降低成本並減少工期，建議研議採用。
- 二、鐵塔臨時施工之工作平台組裝容易，且可減少承商因機具、材料堆放時需要之現場切方，不僅材料、器材堆放整齊方便管理外，另對塔址維持原地形也有很大幫助，值得推廣使用。
- 三、日方使用鍵鎖安全繩系統(KEY LOCK)可全時性的保障登塔作業者安全，插入式的操作方式方便好用，不因操作的失誤而處於不安全之狀態等優點，可避免因裝塔、延緊線之登塔作業人員不小心墜落，值得本公司參考使用。
- 四、如果沒有親眼目睹難以想像(1)日本臨時工房竟然與百貨公司乾淨程度相去不遠、(2)觀察至工地之高速公路內側車道幾乎沒車輛行駛，僅有超車時才會使用內車道、(3)便利商店門口附近有規劃小區域吸菸區，大家就很規矩擠在吸菸區抽菸，由上述這三點小細節看出日本一絲不苟做事與守法精神，值得我們效法，這也難怪在日本國內製品大家會比較有信心。
- 五、感謝本公司各級長官給予職等此次國外實習難得機會，亦感謝所參訪的九州電力公司等相關單位盡心安排會議討論，且至「日向幹線工程」現場基礎及裝塔等施工見習，並提供相關資料參考，不僅讓筆者增廣見聞，也藉此實習之相關新思維，以期更加精進本公司鐵塔設計及施工。

