

出國報告(出國類別：實習)

輸電鐵塔使用新材料設計、製造 及施工技术

服務機關：台電公司中區施工處

姓名職稱：陶 恕 (土木工程監)

派赴國家：日 本

出國期間：96.5.21～ 96.5.26

報告日期：96.6.21

出國報告審核表

出國報告名稱：輸電鐵塔使用新材料之設計、製造及施工技术實習。

出國人姓名 (2人以上，以1人爲代表)	職稱	服務單位
陶 恕	土木工程監	中區施工處
出國期間：96年5月21日至96年5月26日		報告繳交日期：96年7月17日

出國計畫主辦機關審核意見

1. 依限繳交出國報告

2. 格式完整 (本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」)

3. 內容充實完備.

4. 建議具參考價值

5. 送本機關參考或研辦

6. 送上級機關參考

7. 退回補正，原因：不符原核定出國計畫 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料爲內容 內容空洞簡略 電子檔案未依格式辦理 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔

8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
辦理本機關出國報告座談會 (說明會)，與同人進行知識分享。
於本機關業務會報提出報告

9. 其他處理意見及方式：

層轉機關審核意見




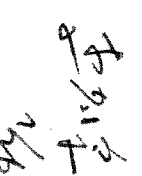
1. 同意主辦機關審核意見 全部 部分 _____ (填寫審核意見編號)




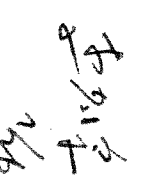
2. 退回補正，原因：_____

3. 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：  單位：  主管處：  總 經 理： 

主 管：  主 管：  副總經理：  副總經理： 

摘要

架空輸電線路因用地取得困難及線下標準提高，使得鐵塔愈來愈高、負載也愈來愈大，故部份新型鐵塔採用 HL300×35 及 HL350×35 大尺寸角鋼構材。如今該等角鋼日本已停產，本公司面臨缺料問題，決定採用十字角鋼取代，希望藉著本次日本之行，能獲取輸電鐵塔新材料之設計、製造及施工技术方面資訊，以便確保輸電線路之送電品質。

日本鐵塔公司就鐵塔設計、製造與運輸及經濟性等方面評估鋼管鐵塔及十字角鋼鐵塔之優劣性，評估結果大致相同，惟鋼管鐵塔對台灣國內鐵塔廠商而言，則除需在設計及製造上投入設計程式的開發及添購製造加工設備外，放樣焊接加工技術人力也需大幅度增加，而在構材運輸及組裝技術上更需努力克服，所以採用角鋼合成型式之十字角鋼鐵塔應是目前解決大尺寸角鋼缺乏最適切的作法。至於其接合方式目前並無規範資料，日本最近有單位正規劃設計十字角鋼鐵塔之輸電線路，本公司應搜集該資料，以作為十字角鋼鐵塔設計製造審查之依據，必要時可研究委託日本方面有能做相關驗證之公司訂定規範，以確保十字角鋼鐵塔之安全品質。

目次

	頁次
壹、計畫緣由及過程	2
一、計畫緣由	2
二、過程	3
貳、研習內容	4
一、日本鐵塔材料使用現況	4
二、鋼管鐵塔與十字角鋼鐵塔比較與簡介	4
三、十字角鋼鐵塔之構材接合方式	9
四、日本新技術及其他資訊	11
五、參觀行程說明	19
參、心得及建議	21
肆、附錄	23

壹、計畫緣由及過程

一、計畫緣由

目前輸電線路工程因為用地取得十分困難及線下標準不斷地提高，使得鐵塔愈來愈高、負載也愈來愈大，因此鐵塔構材之一般角鋼不符使用，所以後來新開發之鐵塔如 345kV 之 E5(18mBE)、X5 型、161/161 kV 之 4X2 型以及 345/161 kV DEP、EEP 及 JEP 型等鐵塔均採用 HL300×35 及 HL350×35 大尺寸角鋼，如今因為日本國內該等角鋼用量太少而決定停產。

本公司面臨大尺寸角鋼停產缺料問題，已決定採用十字角鋼取代，派本人赴輸電線路技術先進之日本，他山之石可以攻錯，希望藉著此次日本之行，能獲取輸電鐵塔新材料之設計、製造及施工技术方面之資訊，以便因應輸電鐵塔構材缺料問題，採取適當的措施以確保輸電線路送電品質。

二、過程

本次赴日本實習從民國 96 年 5 月 21 日到 5 月 26 日總計 6 天行程，配合班機時間扣除回程時間，實際在日本僅待了 4 天多，時間十分地短暫，故為取得足夠且具價值的資料，行程安排得非常地緊湊。

本次行程先拜訪九州電力公司，並座談討論日本使用鐵塔構材現況及趨勢、遭遇的困難及新技術等等，再拜訪日本鐵塔公司並參觀其若松工廠，其間以研習會方式研討鐵塔新材料--鋼管及十字角鋼（對台灣而言）之鐵塔設計、製造與運輸以及經濟性方面的問題，並做了完整的比較。最後再到現地參觀九州電力公司建造之荅北火力線大戶-瀨戶跨海峽段的輸電線路，該線路總計有 212 座鐵塔，本次行程並至 NO.117 鐵塔位置參觀該鐵塔及其基礎。

貳、研習內容

一、日本鐵塔材料使用現況

日本目前輸電鐵塔所使用之構材主要為角鋼及鋼管，其中角鋼部份均採 HL250X35 以下之一般角鋼，而鋼管部份則一般採 100mm ~600mm 左右管徑之鋼管，其管徑最大使用到 1200mm。

日本鋼管鐵塔與角鋼鐵塔以往使用上之分界為電壓在 220kV 以下（含 220kV）的輸電線路之鐵塔採角鋼鐵塔，而電壓在 220kV 以上的輸電線路之鐵塔則採鋼管鐵塔；惟九州電力公司表示今年將要改以輸電線路之線徑在 800MCM 以下且為複導體的輸電線路之鐵塔才採角鋼鐵塔，反之，其他輸電鐵塔則採用鋼管鐵塔。

二、鋼管鐵塔與十字角鋼鐵塔比較與簡介

對台灣而言，鋼管及十字角鋼為新材料，因應大尺寸角鋼停產，有必要做比較，藉著比較的方式對鋼管及十字角鋼等新材料之設計、製造及施工技术方面做完整地簡介。

日本約在 1960 年即採鋼管鐵塔，普及前過渡時期部份鐵塔曾採用十字角鋼構材，現僅有少數電力線是使用十字角鋼鐵塔，而日本鐵塔工業最近也沒有製作的實績，所以僅能根據現有的十字角鋼鐵塔來作比較。

1. 材料取得

角鋼鐵塔採 HL250X35 以下之一般角鋼，材料取得並不困難，但鋼管鐵塔之鋼管

構材則目前有 STK400、STKT590 等兩種材質（如下表），材料取得較為不便，尤其是 STKT590 材質部份現只用在送電鐵塔上，而且須事先定製，故目前在日本鋼管材料訂貨須做長期考量，其從申購到取得為止，要比角鋼約需多花 1~2 個月的時間。

材質	部材寸法 ($\phi \times t$)	斷面積 (cm^2)	質量 (kg/m)	斷面二次 七次外		斷面係數 Z (cm^3)	引張力 T (kN)
				I (cm^4)	r (cm)		
STK400	427 x 24	3,039	2.39	6.19	1.43	2.90	47.4
	486 x 24	3,483	2.73	9.32	1.64	3.83	54.3
	605 x 23	4,205	3.30	17.8	2.06	5.90	65.5
	763 x 28	6,465	5.08	43.7	2.60	11.5	100.8
	891 x 32	8,636	6.78	79.8	3.04	17.9	134.7
	1016 x 32	9,892	7.76	120	3.48	23.6	154.3
	1143 x 35	12,18	9.56	187	3.92	32.7	190.0
	1398 x 35	14,99	11.8	348	4.82	49.8	233.8
	1398 x 45	19,13	15.0	438	4.79	62.7	298.4
	1652 x 45	22,72	17.8	734	5.68	88.9	354.4
	1652 x 55	27,59	21.7	881	5.65	107	430.4
	1907 x 53	30,87	24.2	1330	6.56	139	481.5
	2163 x 58	38,36	30.1	2130	7.45	197	598.4
	2163 x 82	53,61	42.1	2910	7.36	269	836.3
STKT590	1398 x 45	19,13	15.0	438	4.79	62.7	482.0
	1652 x 55	27,59	21.7	881	5.65	107	695.2
	1907 x 60	34,82	27.3	1490	6.53	156	877.4
	2163 x 70	46,03	36.1	2520	7.40	233	1159.9
	2674 x 70	57,27	45.0	4860	9.21	363	1443.2
	3185 x 80	78,04	61.3	9410	11.0	591	1966.6
	3556 x 90	98,00	76.9	14700	12.3	828	2469.6
	4064 x 100	124.5	97.8	24500	14.0	1200	3137.4
	4064 x 120	148.7	117	28900	14.0	1420	3747.2
	457.2 x 120	167.8	132	41600	15.7	1820	4228.5
508.0 x 120	187.0	147	57500	17.5	2270	4712.4	
558.8 x 140	229.6	188	89000	19.3	3180	6037.9	
609.6 x 160	298.4	234	132000	21.0	4310	7319.6	

2. 鐵塔設計

日本目前鐵塔設計均已完全電腦化，故採用鋼管或十字角鋼構材對鐵塔設計並沒有太大的差別。

本次研習日本鐵塔公司為作鋼管鐵塔及十字角鋼鐵塔之比較，特別模擬試設計 A 型、B 型及 F 型等三型鐵塔，A 型為懸垂型鐵塔，B 型及 F 型則為耐張型鐵塔，其

線路角度分別採 3 度、15 度及 35 度設計，並分別以電氣設備技術基準之高溫季及低溫季、著雪設計以及現行 JEC 規範之低溫季及作業時等五種負載條件計算鐵塔負載，再將上述負載加諸於鐵塔之上，分析設計鐵塔構材，而每型鐵塔構件均分別取十字角鋼與鋼管兩種材料設計，以便作為後續項目之比較（按構材負載情形估計，一般角鋼合成之十字角鋼構材應可取代鋼管構材到直徑 800-900mm）。

3. 圖面設計及現寸作業

在日本鋼管鐵塔發展已久，其圖面設計（如構造、詳細及裝建圖面等）及現寸放樣作業均已電腦化且電腦解析軟體齊備，但是十字角鋼鐵塔是以前過渡時期的產物，其目前並沒有既有的電腦解析系統，而必須以人工修改角鋼鐵塔解析結果的方式進行，故此部份作業十字角鋼鐵塔會比鋼管鐵塔來得費工費時而較為不佳。

4. 製作

十字角鋼鐵塔僅有角鋼合成十字角鋼時及小部份橫擔構材需做焊接處理，而鋼管鐵塔則由於其鋼管構材接頭部份均須切割加焊接板又有許多加勁板設計，使得其焊接作業相當地多，因此鋼管鐵塔製作加工的人工數會比十字角鋼鐵塔多許多。

另在運輸過程中，鋼管鐵塔之鋼管材料因接頭及加勁所加板的接板過多而體積龐大，使得載送運輸堆置較為不便，造成其運輸成本也大幅地增加，故在運輸上，鋼管鐵塔則較為不佳。

5. 鐵塔組裝

十字角鋼鐵塔與鋼管鐵塔均採構材吊裝，再以螺栓加以鎖緊之方式組裝，故其組裝成本基本上差不多（鋼管鐵塔也許成本會較低一些）。

6. 維護

近年來由於鋼管鐵塔之鋼管內部不易維護查檢而有嚴重的銹蝕問題，目前雖已研發新的特殊儀器來加以檢查，但其維護檢查工作始終不如角鋼或十字角鋼構材來得方便，因此鋼管鐵塔在維護工作上較十字角鋼鐵塔不利。

7. 鐵塔重量

本案鐵塔在同樣線路負載條件下按線路角度及拉線方式試設計的 A 型、B 型及 F 型鐵塔，分別以鋼管與十字角鋼構材來設計，再加以比較，其結果為十字角鋼鐵塔之重量會比鋼管鐵塔重 1.24~1.34 倍（詳如下表）。

構位	A 型		B 型		F 型			
	P	X	P	X	P	X		
鋼塔	Z型角材	SS400	3,267	3,267	4,942	4,942	5,653	5,653
		SS540	10,683	10,683	7,796	7,796	8,389	8,389
	鋼材計	小計	13,950	13,950	12,738	12,738	14,042	14,042
		Z型-ボルト	13,580	13,950	12,738	12,738	14,042	14,042
	合計重量		8,975	6,975	6,369	6,369	7,021	7,021
			20,925	20,925	19,107	19,107	21,063	21,063
	Z型角材	SS400	0,457	2,566	0,230	3,477	0,242	3,228
		SS540	0,000	15,708	0,312	17,428	0,498	11,566
	十字材	SS540	0,467		0,542		0,737	
		小計		18,274		20,905		14,794
鋼材計	STK400	0,460		0,926		0,737		
	STK1590	0,293		11,011		16,240		
鋼材計	小計	0,753		11,937		16,977		
	Y断面材	小計						
Z型-ボルト	鋼材計	10,170	18,274	12,479	20,905	17,714	28,742	
	鋼造ワシジ	8,645	6,579	10,607	7,526	15,067	10,347	
合計重量		1,526		1,872		2,697		
		20,340	24,853	24,938	28,431	35,428	39,089	
Z型角材	SS400	3,364	8,559	3,064	6,470	3,298	6,709	
	SS540	0,000	15,656	1,579	19,124	1,813	23,478	
十字材	SS340	3,384	2,425	4,583	25,584	5,112	30,167	
	小計		24,666		28,077		39,219	
鋼材計	STK400	2,942		3,306		1,730		
	STK1590	20,458		25,502		37,371		
鋼材計	小計	23,400		28,808		39,101		
	Y断面材	小計						
鋼材計	鋼材計	26,764	48,841	33,391	53,671	44,213	89,406	
	Z型-ボルト	4,714	7,573	5,467	8,807	8,310	11,801	
鋼造ワシジ	合計重量	3,563		3,989		4,540		
		35,091	56,364	43,847	62,478	57,463	81,207	
鋼材合計		50,984	61,095	58,608	87,314	75,969	112,190	
	Z型-ボルト合計	30,364	21,077	23,443	22,792	30,386	29,169	
鋼造ワシジ合計		5,089		5,961		7,597		
		76,326	102,142	87,912	110,016	113,654	141,359	
總合計		100	134	100	125	100	124	
	PIに對する比率							

8. 基礎反力

在上述同樣線路負載條件下之 A 型、B 型及 F 型鐵塔，而分別以鋼管與十字角鋼構材設計的結果比較，十字角鋼鐵塔之垂直反力會比鋼管鐵塔大 1.11~1.42 倍（詳如下表），因此十字角鋼鐵塔之基礎負載會比鋼管鐵塔大一些。

鋼管鐵塔と十字鉄塔の比較(試設計)最大基礎応力一覽表 (KN)

	P		X		X/P		
	圧縮	引張	圧縮	引張	圧縮	引張	
A	垂直反力	2101.6	1731.0	2960.8	2456.0	1.41	1.42
	全水平力X	194.3		281.0		1.45	
	全水平力Y	120.4		207.2		1.72	
	水平分力X	37.4		82.0		2.19	
B	水平分力Y	36.8		77.3		2.10	
	垂直反力	2933.3	2467.3	3526.1	3030.4	1.20	1.23
	全水平力X	289.2		371.4		1.28	
	全水平力Y	146.4		225.2		1.54	
F	水平分力X	55.6		96.2		1.73	
	水平分力Y	55.0		81.5		1.48	
	垂直反力	4086.3	3550.3	4852.8	3955.6	1.11	1.11
	全水平力X	400.7		512.2		1.28	
F	全水平力Y	156.8		268.2		1.71	
	水平分力X	67.4		109.3		1.62	
	水平分力Y	59.6		93.2		1.56	

9. 經濟性

雖然從材料費的單價來看，鋼管會比十字角鋼（角鋼合成）貴，但因在同樣線路負載條件下，十字角鋼鐵塔的重量會比鋼管鐵塔重許多（試設計案例為 1.24~1.34 倍），故推估該兩種構材之鐵塔一座的費用大致相同。

10. 綜合評價

日本曾製造興建十字角鋼鐵塔，但實績甚少，而鋼管鐵塔則十分普遍而實績相當的多。按前述各個項目做比較，鋼管鐵塔與十字角鋼鐵塔各有優劣，對日本電力

公司而言，綜合評價之結果兩者優劣程度大致相同（詳下表）。

		鋼管鐵塔	十字鐵塔	備 考
材料取得		○	◎	鋼管要 1 個月以上。
鐵塔設計		◎	◎	電腦設計
圖面、現寸	構造詳細	◎	○	十字材有接合部份，會增加一些人工數
	現寸解析	◎	○	十字鐵塔多追加些作業
製作	溶接有無	有	*1 有	*1 只有十字材成型部份才有
	製作	○	◎	鋼管鐵塔之人工數多
	輸送	△	○	鋼管鐵塔體積大，佔空間
鐵塔組立		○	○	
維護		△	◎	鋼管內面檢查之人工數增加
鐵塔重量		1.00	1.24~1.34	從試設計結果
基礎反力		1.00	1.11~42	從試設計結果
經濟性		◎	◎	幾乎同程度
實績		有	*2 有	*2 十字鐵塔較少
綜合		○	○	幾乎同程度

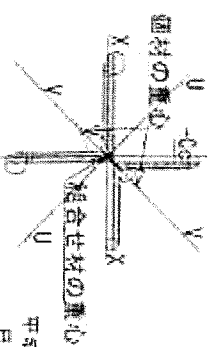
三、十字角鋼鐵塔之構材接合方式

本公司面對日本停產大尺寸角鋼問題，已決定以十字角鋼替代，惟其構材接合方式攸關鐵塔構材應力的傳遞，故十分的重要，但目前國內並無明確之標準，因此

藉著此次日本參訪機會詢問其意見，日本鐵塔公司之建議如後所示，但日本十字角

鋼鐵塔為過渡時期之產物，尚無規範，因此其建議應做鐵塔驗證試驗。

1. 十字角鋼鐵塔上下主柱材由單角鋼接十字角鋼時，角鋼之幅寬可減1級，如HL250可接HL200、HL200則可接HL175，而其上主柱材角鋼厚度為25mm時，下主柱材角鋼厚度須維持在15mm以上，如上主柱材角鋼厚度為35mm時，則下主柱材角鋼厚度須保持在20mm以上。
2. 十字角鋼鐵塔內外角鋼接合時，其內外角鋼以相同為佳，但最多只能差1級（建議組合方式如下表）。



び十字断面材の断面性能表
XL(山形鋼合成断面)断面性能表

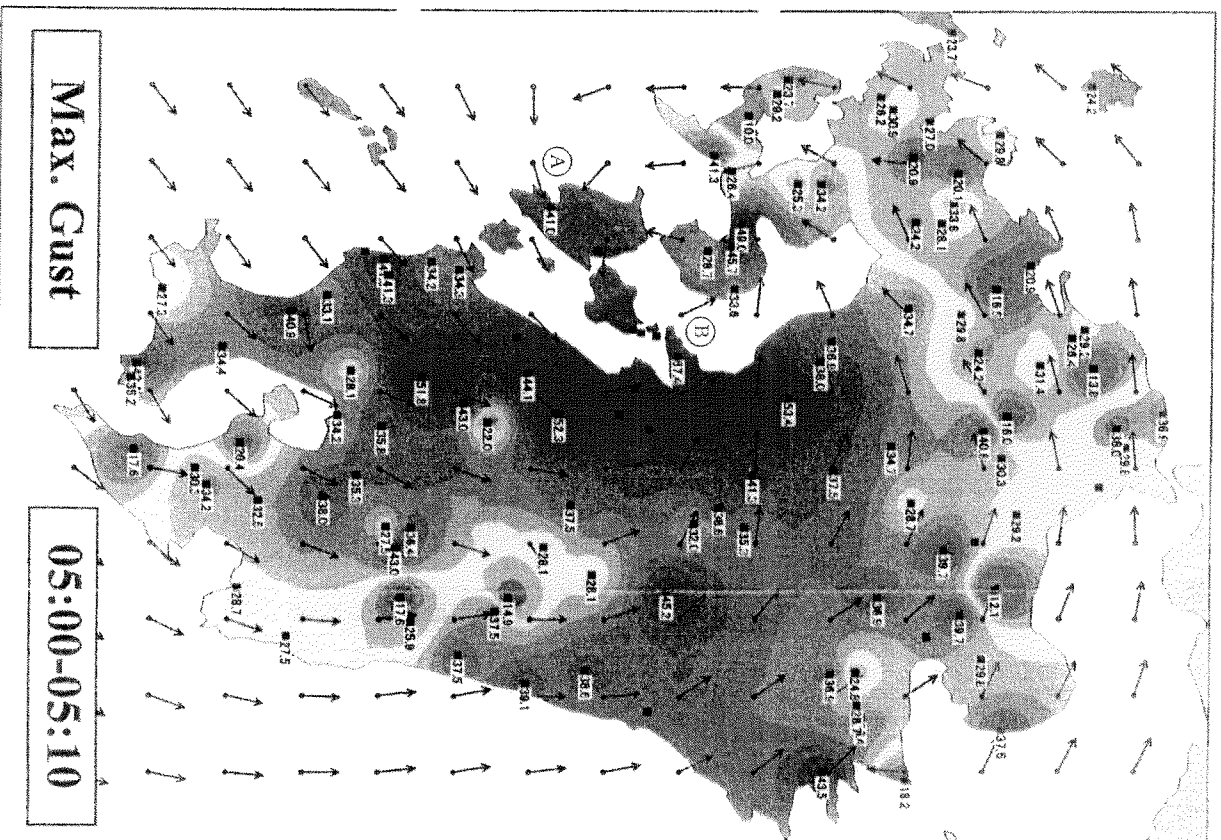
平成19年5月22日
日本鐵塔工業株

断面種	質量		重心		断面二次モーメント						回転半径		
	A _g (cm ²)	W _g (kg/m)	C _x (cm)	C _y (cm)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _u (cm ⁴)	r _x (cm)	r _y (cm)	r _u (cm)	r _v (cm)	r _w (cm)	
XL 130x 9	45.48	35.8	0	0	1302	1170	1436	6.35	5.07	5.61			
XL 150x12	69.54	54.6	0	0	2670	2360	2990	6.2	5.93	6.56			
XL 175x12	81.04	63.6	0	0	4150	3720	4590	7.16	6.76	7.53			
XL 175x12	90.73	71.2	-0.572	0	4670	4150	5189	7.17	6.76	7.56			
XL 175x15	100.42	78.6	0	0	5240	4580	5900	7.22	6.75	7.67			
XL 200x15	107.96	84.7	-0.665	0	6470	5760	7190	7.74	7.3	8.16			
XL 200x15	115.5	90.6	0	0	7800	6940	8670	8.22	7.75	8.66			
XL 200x20	133.75	105	-0.864	0	9070	7960	10200	8.23	7.71	9.73			
XL 200x20	152	119.4	0	0	10500	8980	12100	8.31	7.69	9.92			
XL 200x25	159.75	123.3	-0.698	0	11800	9910	13700	8.34	7.64	8.98			
XL 200x25	187.5	147.2	0	0	13300	10800	15700	8.42	7.59	9.15			
XL 250x25	213.15	167.3	-1.4	0	18200	16400	21500	9.49	8.77	10.1			
XL 250x25	239.9	187.4	0	0	25900	22000	29800	10.4	9.6	11.2			
XL 250x35	282	221.7	-1.29	0	30600	25400	35800	10.4	9.45	11.3			
XL 250x35	325.2	256	0	0	35300	28800	41700	10.6	9.41	11.6			

四、日本新技術及其他資訊

1. 風力監測系統

目前九州電力公司在九州地區大約每 20 公里 x 20 公里區域設置 1 個風力監測點之鐵塔共計 123 座 (如下圖所示)，一般選定風力較強的地方，用 OPGW (光纖地線) 傳輸風力監測資料且 24 小時 ONLINE，使得每個設計員均可上線查閱監測結果。



❖ 風力監測系統主要用途有三：

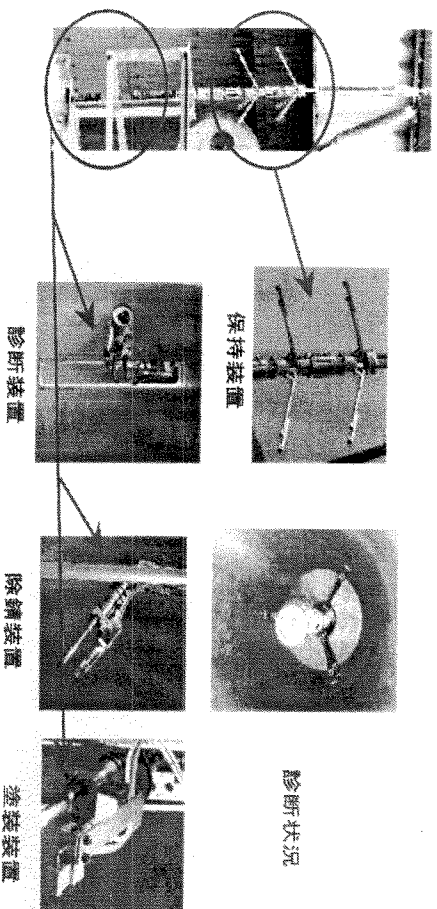
- (1) 新型鐵塔的開發一般用風洞試驗分析成果作為設計分析鐵塔時之風力負載資料，前述風力監測資料可回饋修正設計資料，並檢討鐵塔之原設計風力，如有不足的地方，則交由鐵塔公司檢討補強，其一般的補強措施為鋼管補強或換角鋼，九州電力公司至今已處理了 200 多座。
- (2) 鐵塔倒塌事故的原因主要為瞬間風力或不平均張力所產生之影響，前述風力監測資料可對高低鐵塔及長短跨距(作風)力影響之比較，並可作為探討鐵塔倒塌事故原因之依據。
- (3) 風力監測系統所搜集到即時的風力監測資料可提供給政府部門作為防災因應措施之參考，並可進一步納入政府之防災通報體系。

2. 鋼管鐵塔鋼管劣化診斷及修補技術

日本為解決鋼管鐵塔之鋼管內部不易檢查而易產生嚴重銹蝕的問題，目前研發了新型診斷修補儀器、超音波診斷設備以及整體檢測流程。

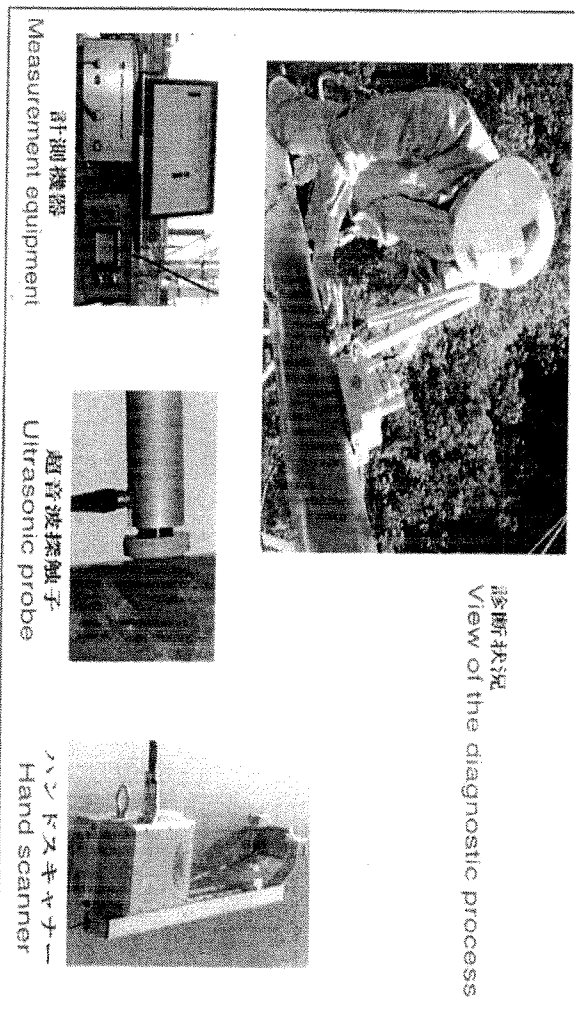
- (1) 新型診斷修補儀器包括保持裝置、診斷裝置（或稱點檢裝置）、除銹裝置及塗裝裝置等四部份（詳下圖），其中保持裝置有 2 層 6 支支撐臂撐住鋼管內壁，以便固定診斷、修補之位置，診斷裝置有類似內視鏡裝置，以便做查檢工作，而除銹裝置及塗裝裝置則分別做除銹及防銹塗裝之工作。

新型診斷修補儀器

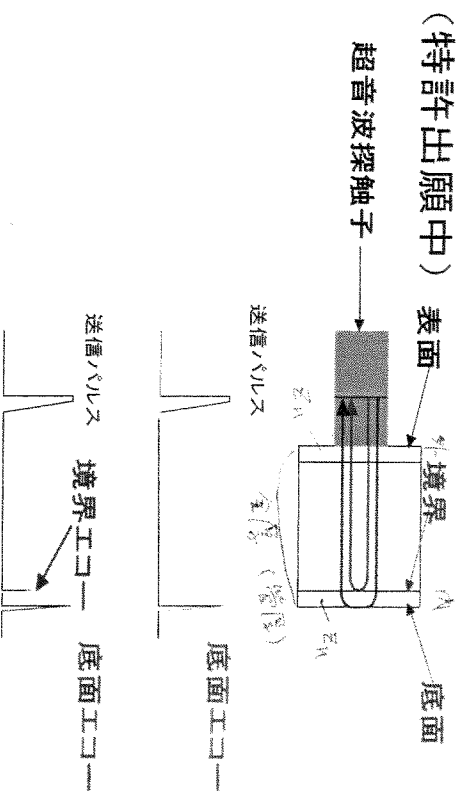


(2) 超音波診斷設備主要包括探頭、手持掃瞄器及計測機器等三部份，其係利用超音波在鋼材與鍍鋅層間傳遞時間差換算為距離的方式去實測鋼管內壁銹蝕部份之實際管壁厚（其設備及原理詳下圖），目前該項技術日本尚在申請當中。

超音波診斷裝置



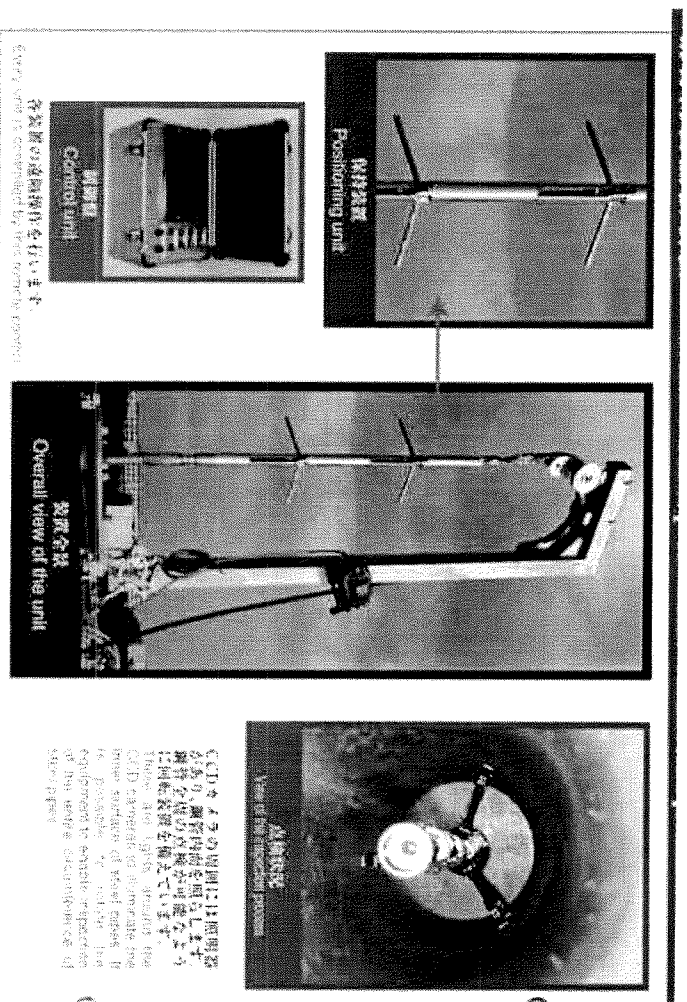
超音波診斷原理圖示



(3) 整體檢測流程如下：

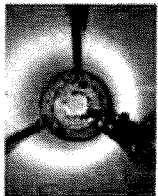
先用新型診斷修補儀器之診斷裝置點檢鋼管內壁是否有銹蝕劣化情形，如有銹蝕情形則針對該部份用超音波裝置詳細量度管壁銹蝕部份之厚度，再評估構材強度是否足夠，如構材強度足夠，則用該診斷修補儀器之修補裝置做除銹及防銹塗裝工作，如構材強度不足，則須檢討補強或構材更換等措施。

鋼管立面診斷裝置

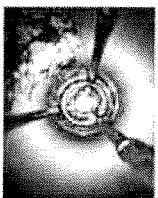


鋼管立面診断情形

点検結果 Inspection Results



健全なノズルの噴霧の様子
Downward view of nozzle
The coated surface



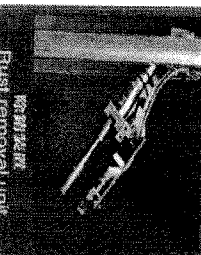
劣化部位の噴霧の様子
Downward view of deteriorated parts



劣化部位の噴霧の様子
Side view of deteriorated parts


装置 Unit	型式 Make type	設置外径 External diameter of the pipe	適用 Compatibility	用途 Use
鋼管立面診断装置 Steel surface inspection unit for steel pipe	170-550 L-Work	40φ	適用鋼管外径 Applicable outer diameter of pipe 100φ	鋼管内面をC/Dカメラにより撮影する。 Inspection using C/D camera of the inner surface of steel pipe.

鋼管立面補修装置（含除錆及塗装装置）



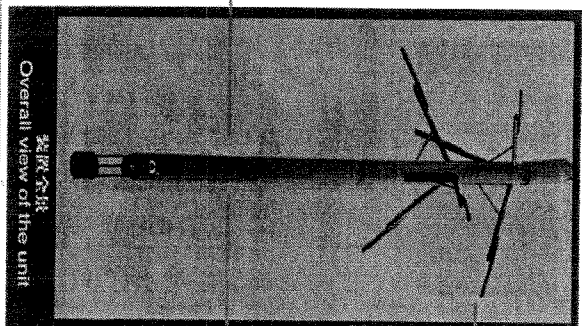
除錆装置
Frost removal unit

アルミノズルコアノズルにより鋼管表面を傷つけずに表面の酸化物を研削し、塗料の付着を促進し、酸化皮を剥離し、鋼管表面を保護します。
Oxides on the surface are ground off, coating alumina cutting fiber without damaging the steel base material.

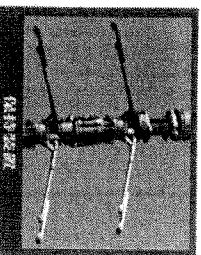


塗装装置
Coating unit

エアゾール塗装により高濃度の亜鉛粉末塗料を塗布します。
Coats highly concentrated zinc (Zn) paint by air-spray coating.

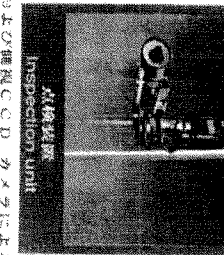


装置全体
Overall view of the unit



保持装置
Positioning unit

装置を鋼管軸心に保持します。
Positions the unit at the center of the steel pipe shaft.

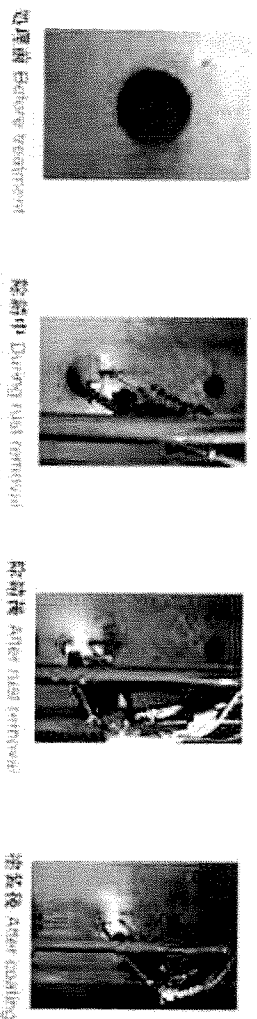


点検装置
Inspection unit

下視および側視C/Dカメラによる鋼管断面検査。側視カメラで詳細検査を行います。
Detailed examination is conducted using a side-facing camera after a basic examination using the downward facing C/D camera.

鋼管立面補修情形 (含除銹及塗裝)

補修作業狀況 View of the Repair Process



種類 Unit	型式 Work-type	裝置外徑 External diameter of the unit	性能 Capacity	用途 Use
鋼管表面銹蝕修補 鋼管表面銹蝕 修補用鋼管 鋼管表面銹蝕 修補用鋼管 鋼管表面銹蝕 修補用鋼管	ローラー P-Work	55φ	適用鋼管外徑 Applied diameter of applicable steel pipes	鋼管內面之腐蝕部位之修補。塗裝作業。 Rust removal and coating of corroded areas on the inner surface of steel pipes

3. 輸電線路送審程序

日本輸電線路送審為整條線路送審而不需無逐座申請，電壓別在 300kV (含)

以上之輸電線路要送中央之經濟產業省(以前稱通產省)審查，按九州電力公司之經驗，從送件申請到通過，其間需花大約 6 個月以上的時間作溝通，而電壓別在 300kV 以下之輸電線路則要送縣級的經濟產業局審查，大約也溝通 3 個月以上才會通過。

日本的建築法規條文將電力設施排除在外，所以沒有申請雜建照的問題，但是日本的電力設施另外有電氣事業法來規範。日本輸電鐵塔在耐雪設計部份，目前像鐵塔耐震一樣只做整體的檢討，而不做個別的設計。

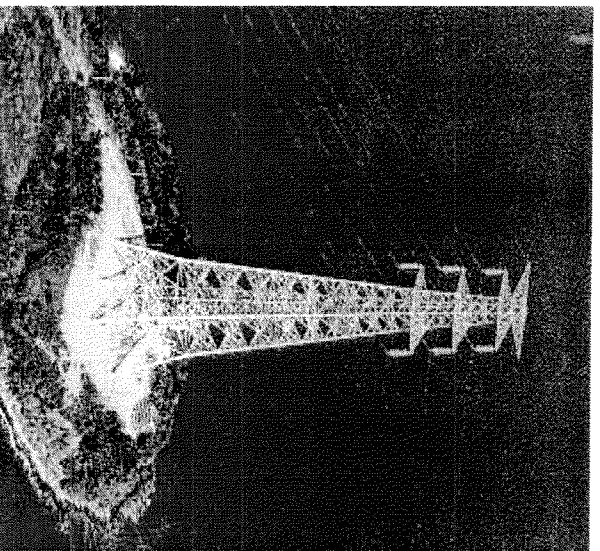
日本送電用鐵塔設計標準規格之變遷經彙整後如後表，本公司設計鐵塔所參考的日本 JEC 規範為日本民間的電氣規格調查會 (Japanese Electrotechnical Committee) 所訂定的，目前最新的版本為 JEC-127-1979，日本官方所訂的「電氣設備技術基準」一般都是參考該規範訂定，現今「電氣設備技術基準・解說」與 1997 年經濟產業省令「電氣設備技術基準」相同，均以 JEC-27-1965 為基準，到目前沒有再修改過。

日本送電用鐵塔設計標準規格之變遷

製定年	規格・適用區分	相關規格改訂
1926(大正 15 年)	JEC-22 送電用鐵塔	日本電氣工藝委員會有甲乙標準
1942(昭和 17 年)	JEC-22A 送電用鐵塔	日本電氣工藝委員會、日本電氣協會標準規定
1943(昭和 18 年)	JEC-22Z 送電用鐵塔	同上 (戰時暫定基準)
1953(昭和 28 年)	JEC-127 送電用鐵塔	電氣學會、電氣規格調查會標準規格 (電氣工作物規定及整合)
1958(昭和 33 年)	JEC-127 送電用鐵塔	同上 (電氣工作物規定及整合)
1965(昭和 40 年)	JEC-127 送電用鐵塔 -1965(舊 JEC)	同上 [舊電氣設備技術基準及整合]
1979(昭和 54 年)	JEC-127 送電用支持物 —般-1979(現行 JEC)	同上(舊電氣設備技術基準有關技術基準的補完)

4. 日本其他資訊

- (1) 日本最重的輸電鐵塔塔重為 980 噸，為九州電力公司所興建之苓北火力線 NO.116，而本公司目前開發最重的鐵塔塔重不到 150 噸。

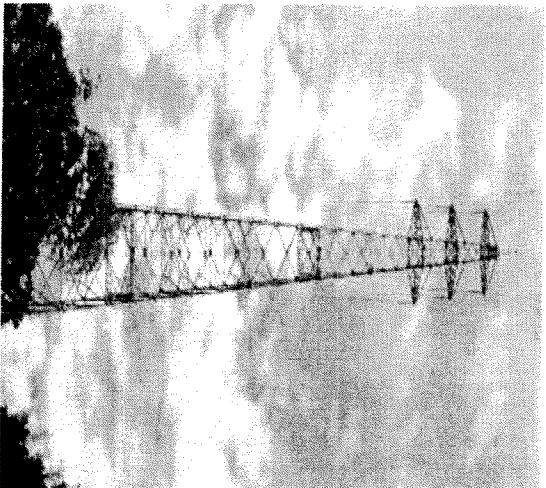


九州電力株式会社
苓北火力線

(最重鉄塔)
建設風景写真
NO.116

Type SA Tower
500kV 2cct
Tower Height : 194.5m
Span : 1463m
Tower Weight : 980t

(2) 日本最高的鐵塔為 223 公尺，其為中國電力公司所興建之大崎火力線的鐵塔，而本公司目前開發最高的鐵塔塔高不到 100 公尺。



中国電力株式会社
大崎火力線

最高的鐵塔(塔高 223m)

Type SA1 Tower
220kV 2cct
Tower Height : 223m
Span : 2145m
Tower Weight : 680t

五、參觀行程說明

1. 日本鐵塔公司若松工廠：

日本鐵塔公司若松工廠於日本大正 11 年（西元 1922 年）建立，其位於北九州市，廠區包括事務所、屋外試組場（含角鋼鐵塔及鋼管鐵塔兩部份）、角鋼鐵塔加工場、鋼管鐵塔加工場、鋼板加工場、鍍鋅工場及屋內外成品堆置場以及其他橋樑製作加工場等等。

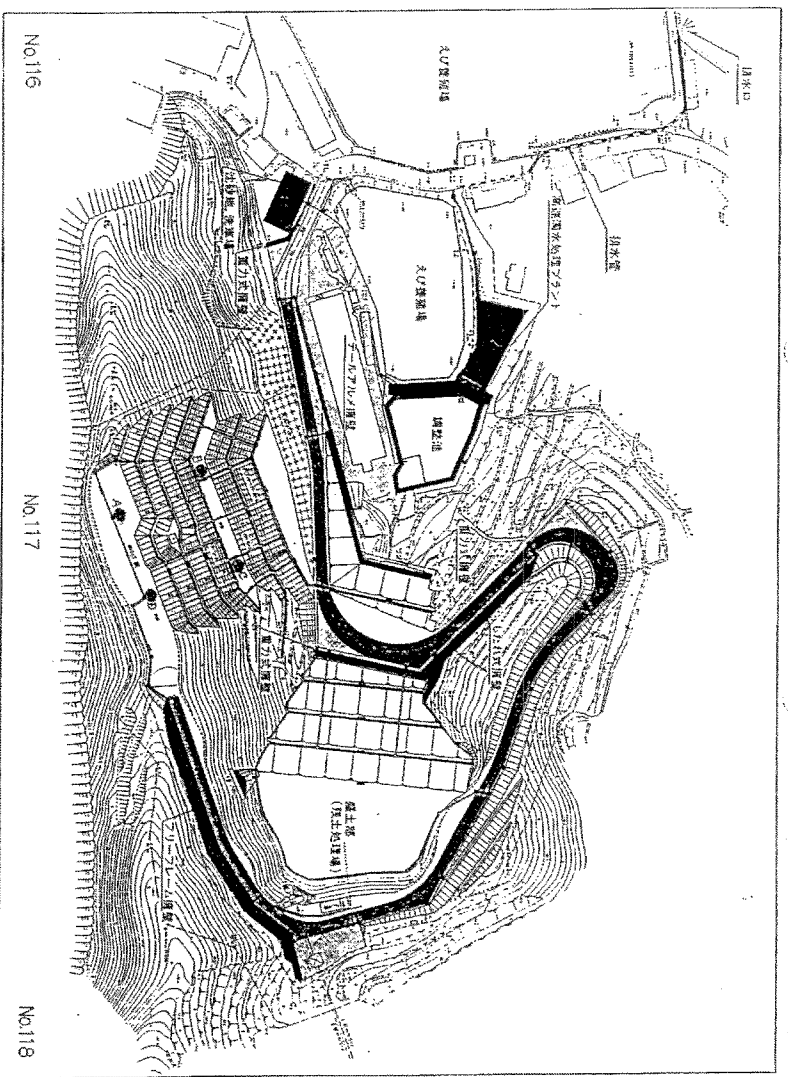
該廠區內之角鋼、鋼管及鋼板等材料（含加工前後）均分門別類堆置得非常整齊，屋外試組場地規模很大，參觀時現場正同時進行角鋼鐵塔及鋼管鐵塔各一座的試組工作，廠區內部份的加工機具已自動化（像角鋼鑽孔、鋼管法藍接頭焊接及鋼板鑽孔等等），除可節省人力外，也使得構材加工更為精準。

2. 九州電力公司興建之若北火力線大戶-瀨戶跨海峽段(NO.117 塔)：

該輸電線路將若北火力電廠的電源由天草地區送到熊本縣境內使用，其共計有 212 座鐵塔，其中大戶-瀨戶跨海峽段正位於日本雲仙天草國家公園內，該段線路從 NO.115、NO.116 塔跨海到對岸之 NO.117、NO.118 塔，其中 NO.116 及 NO.117 塔為臨海側採懸垂鐵塔，而 NO.115 及 NO.118 塔則採耐張鐵塔，此部份與本公司跨河段線路採用鐵塔的原則一致。

本次到現場參觀 NO.117 號鐵塔，塔高 194.5 公尺，塔腳高低腳高差達 20 公尺，鋼管支柱材直徑達 814mm，其塔基開挖整地的面積相當得大（含填土、植生、護坡、排水、混凝土階梯及護欄等設施），但現場整理得很整潔漂亮，不過此部份如在國內施作，則施作過程恐有水保爭議而不太可能被水土保持主管機關所接受。

NO. 117 鐵塔周遭圖



3. 街道人孔蓋：

日本九州地區福岡市境內街道路面上可以看到許多的人孔蓋，惟察看日本的街道路面十分平整而堅硬，所以並未聽說日本有因人孔蓋凸出影響行車安全而要求埋入路面下的訊息。

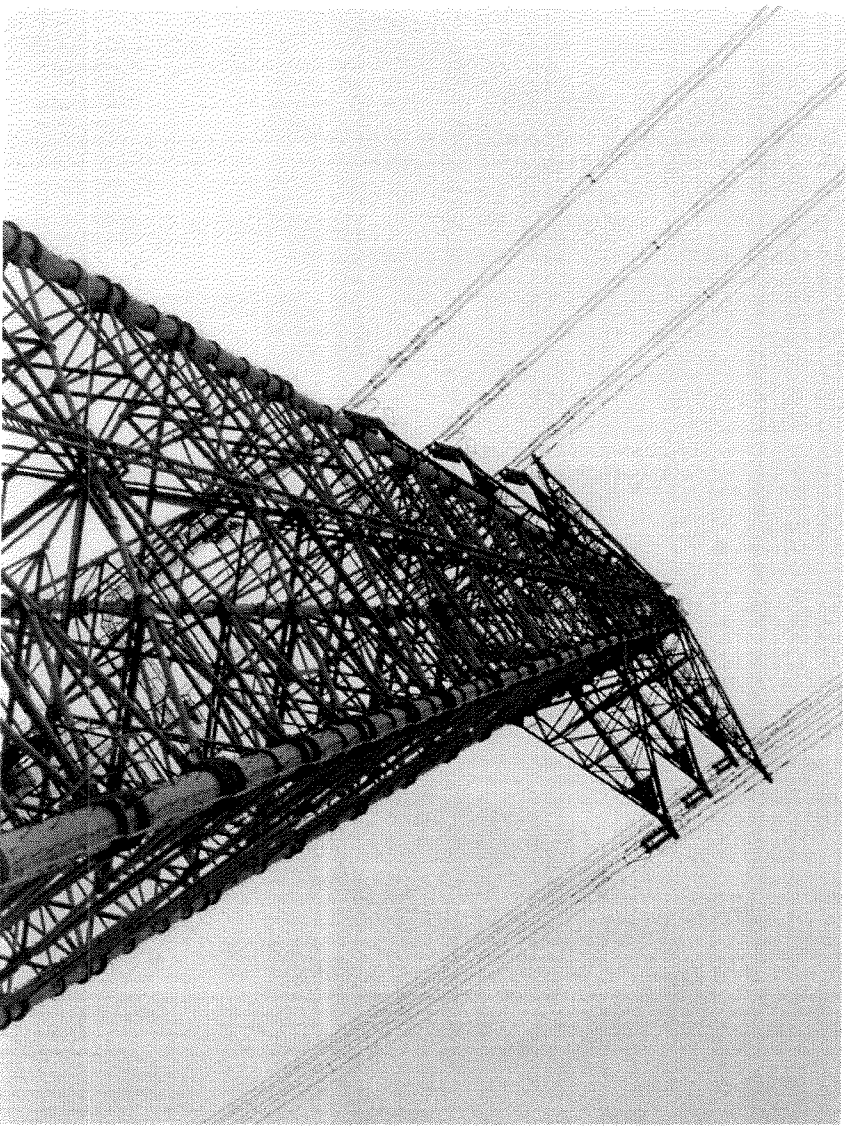
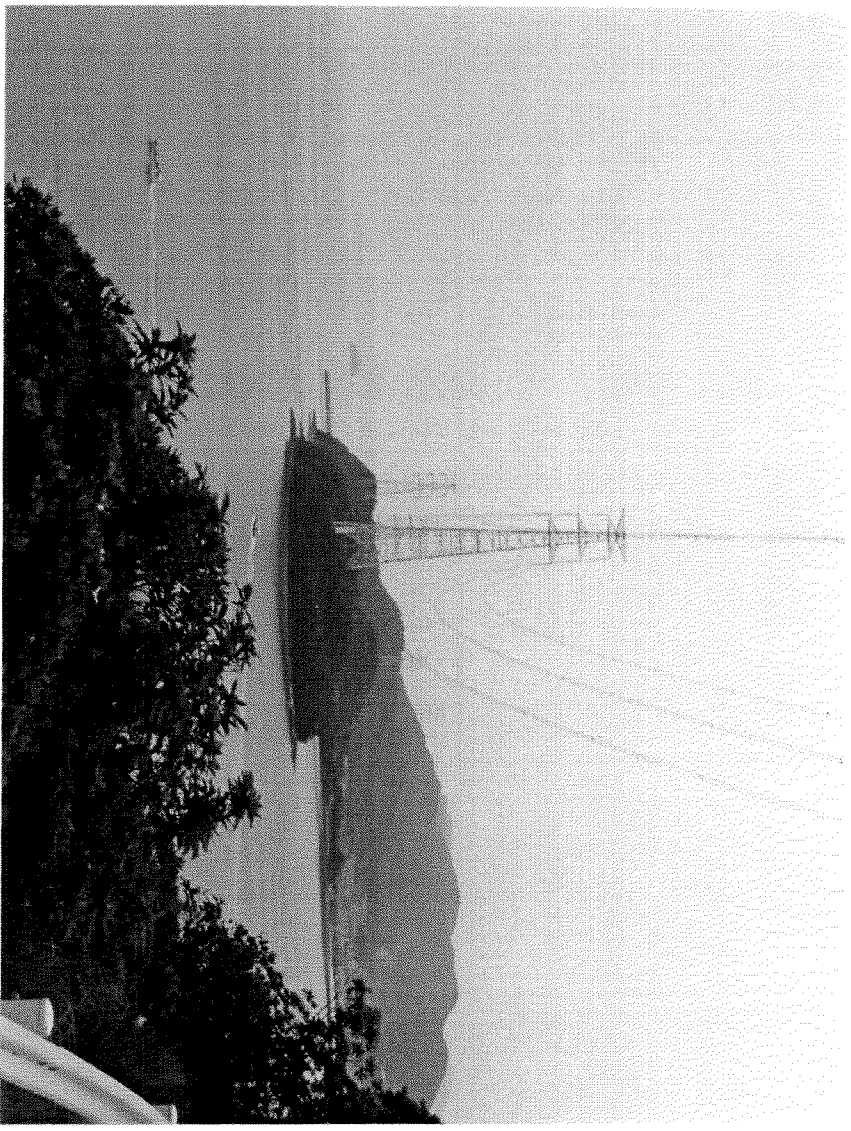
參、心得及建議

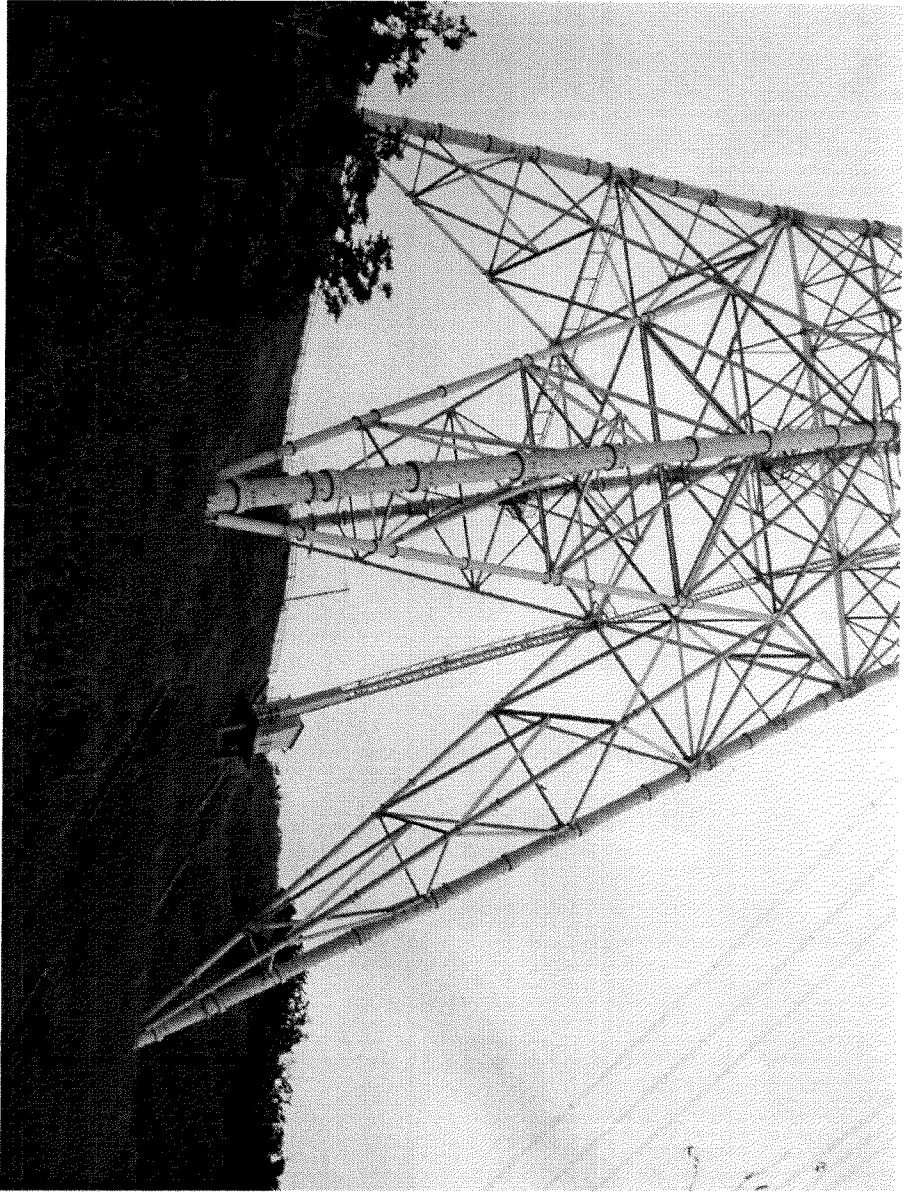
- 一、日本採用鋼管鐵塔與十字角鋼鐵塔的評估結果，其優劣性大致相同，主要是因爲日本鋼管鐵塔已發展得很成熟了（使用近 50 年），但鋼管鐵塔對台灣國內鐵塔廠商而言，則是一項新的技術，在設計及製造上需投入設計程式的開發及新的製造加工設備外，其放樣焊接加工技術人力也需要大幅地增加，而且鋼管鐵塔在構材運輸及組裝上的技術問題也尚待努力克服，因此採用角鋼成型式之十字角鋼鐵塔應該是目前解決大尺寸角鋼缺乏最適當的方法。
- 二、前述十字角鋼支柱材接合方式爲日塔公司所提之原則，它是日塔專業及經驗的判定，但並無驗證資料，因此該部份並沒有規範可以具體要求鐵塔設計製造商。據了解最近日本有單位因鋼管材料取得、構材維護及運輸等等不佳因素而正在規劃設計採用十字角鋼鐵塔之輸電線路，對此，本公司應密切注意，以便搜集較完善之資料而作爲十字角鋼鐵塔設計製造審查之依據，必要時可研究委託日本方面有能做相關驗證工作之公司訂定規範，以確保十字角鋼鐵塔之安全品質。
- 三、九州電力公司在九州地區廣設風力監測點之鐵塔搜集該地區風力資料，並用 OPGW 傳輸結果，使設計人員均可隨時上網查詢的風力監測系統，相當值得學習。近來本公司維護單位經常需探討輸電鐵塔損壞事故之原因，建議可研討採行上述方式搜集風力資料，以作爲事故評估的依據，而且該資料也可回饋設計單位修正設計資料、檢討補強原設計鐵塔，以提昇架空輸電線路電力輸送品質及可靠度。

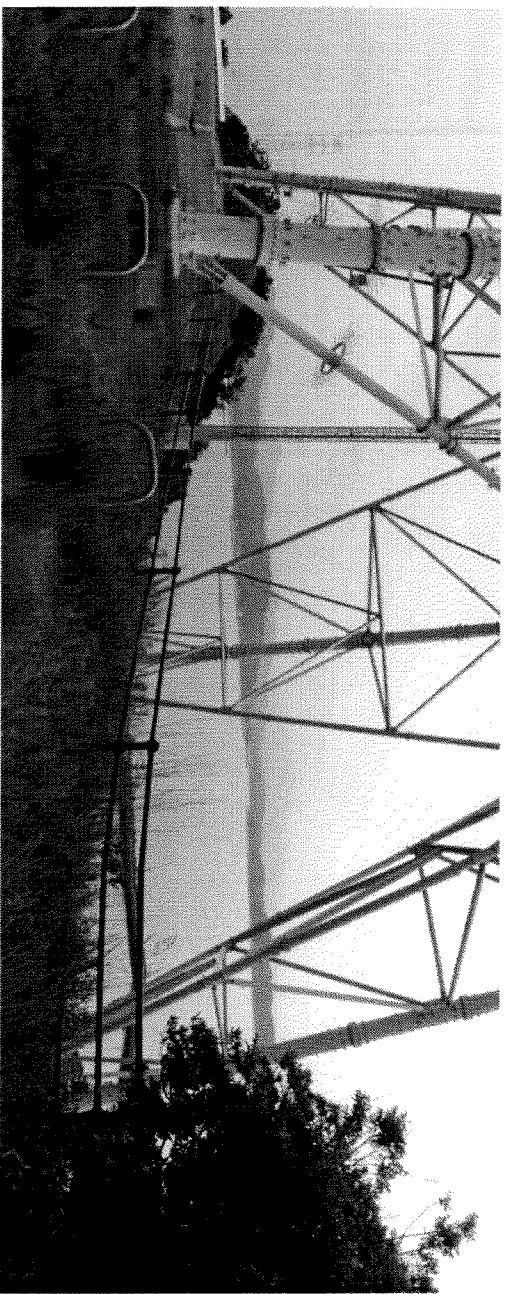
四、線路之人孔在科技先進及極度重視工安的日本，街道路面上之人孔蓋仍比比皆是，顯示人孔蓋露出路面有其必要性，觀察日本的街道路面十分平整而堅硬，而沒有聽說日本有因人孔蓋凸出影響行車安全而要求埋入路面下的訊息，因此國內道路施工品質的提升及道路主管機關與各管線單位密切的配合應該才是維護行車安全的關鍵，恐並非只是線路人孔蓋本身的問題吧！

肆、附錄

一、荖北火力線大戶-瀨戶跨海峽段 NO.117 塔 (照片)







二、人孔蓋（日本九州地區福岡市）

