

出國報告（出國類別：洽公）

「林邊～小琉球新設二回路 25KV 海纜  
統包工程」海纜定型試驗

服務機關： 110 屏東區營業處

姓名職稱： 林 錦 山 查核課長

派赴國家： 日 本

出國期間： 99/6/6～99/6/10

報告日期： 99/8/9

## 摘要

台灣電力公司屏東區營業處轄內離島小琉球地區，政府為照顧離島、偏遠居民生活品質，提供高品質之用電服務，以及節能減碳抑低發電成本，遂於 1980/06/25 完成林邊小琉球間 25KV 級海底電纜兩回路，原既設海底電纜為日商古河公司產製，在敷設後運轉迄今已滿三十年，於 2006/11/18 因使用年限已超過及不明外在原因，琉南線（一回路）三相全斷無法修復，另琉北線一相中斷呈 V 相供電中，無法充裕供應離島－琉球鄉民生用電，乃積極興辦「林邊～小琉球新設二回路 25KV 海纜統包工程」。為掌握本工程關鍵器材－海纜品質，瞭解海纜製造廠的生產作業流程、試驗設備與技術，品質管制作法等，遂向總處提出前往日本維世佳（VISCAS）公司參與 25KV 海纜之部分定型試驗。

## 目 次

壹、計劃緣由及目的-----	3
貳、海纜定型試驗-----	5
一、出國期間-----	5
二、定型試驗項目及試驗時機-----	5
三、定型試驗環境-----	5
四、試驗儀器之校正-----	6
五、定型試驗結果-----	7
參、心得及建議-----	8
肆、附錄-----	9

## 壹、計劃緣由及目的

屏東縣琉球鄉是一處離島，全島面積約有六·八平方公里、島上的居民約有一萬二千人，原先大部份是漁民，少部分從事農牧業，早年當地居民之照明用電，是由琉球鄉公所經營之發電廠供應，因發電量有限僅能在夜間發電供應居民夜間照明用，後政府為照顧離島居民生活指示本公司接手經營，隨即進行擴建工程，同時招考發電機組運轉人員，進行運轉維修訓練，並計劃將金門電廠擴建汰換下來機組，委請海軍艦艇裝運移植於琉球電廠，提供鄉民一天二十四小時之供電服務，又在民國 68 年間委請海軍測量單位進行林邊小琉球間海底探測，籌建林邊至小琉球間 25KV 級海底電纜，計劃直接由本島之發電系統供電，以抑低發電成本，由日裔古河公司承建，於民國六十九年六月二十五日完工，運轉迄今已將近三十個寒暑，其間曾經被來往經過之船隻，因風浪過大而下錨損壞，又在 95 年間再次因不明原因受害，目前僅能以單回路兩條尚屬良好的電纜，由本島供應 V 相電力至離島一琉球鄉。假使僅依賴尚可擔任傳輸電力海底電纜，要滿足琉球鄉用電需求還有很大的缺口，在平時務必啟動琉球電廠之柴油發電機發電補充，假日旅遊旺季遊客增多，或慶典活動諸如王船祭，必須啟動由各區處徵調使用之大型緊急用移動式發電機，因這些緊急用發電機分散於各負載中心，必須派駐運轉人員監控發電機運轉，方可解決燃眉之急。因為這些人力、物力的動員，而投注的預算資金相當龐大，更遑論達到收支平衡之經營績效，所以加速新設海底電纜是當務之急。又近年來內政部將琉球鄉轄區納入大鵬灣風景區，且地方政府及民間財團投資意願旺盛，鼎力配合與努力發展觀光事業，住民紛紛以服務業營生，紀念品之店舖、民宿、餐廳如雨後春筍設立，民生息息相關之用電量快速竄升，因此電源的供應計劃不能稍有踟躕。

「林邊～小琉球新設二回路 25KV 海纜統包工程」是巨額採購工程，加上目前國內尚無合格之 25KV 級電力海纜之製造廠，25KV 級電力海纜的國家標準付之闕如，對於海底探勘亦屬國防機密，以本公司的技術亦力有不逮，惟有再行辦理工程顧問服務標約。遂於民國 95 年 11 月 22 日辦理招商開標，由財團法人一台灣世曦工程顧問股份有限公司得標，隨即分五階段辦理工程規劃設計及發包監造技術服務工作，第一階段：就其專業知識勘查選擇海纜最佳路徑，並提出各項評估方案供本處作決策參考，包括編擬初步規劃及調查報告。第二階段：海纜線路規劃及基本設計等工作。第

三階段：發包研究報告編撰、招標文件及發包預算編擬。第四階段：協助辦理工程招標及決標。第五階段：施工監造及施工期間設計變更圖面、施工及竣工圖等相關圖說之審查及各項會議之參與。俟台灣世曦工程顧問股份有限公司完成第四段作業後，隨即辦理主體工程－「林邊～小琉球新設二回路 25KV 海纜統包工程」公告招標，招標工作分為兩階段，先進行資格標於合格者參加第二階段價格標，第一次招標因參與廠商不足三家，第二次於 98 年 7 月 28 日終於開標成功，由日裔維世佳股份有限公司低於底價得標，並於 98 年 7 月 29 日開工預計 690 日曆天完工，在開標成功後本處全體同仁如釋重擔，冀望及早完工免處於供電調度窘境。本工程關鍵器材為 25KV 級海底電纜，同時該海底電纜係由日本維世佳股份有限公司設計製造，其材料總價值為新台幣 488,198 仟元約佔總工程費（1,487,348 仟元）三分之一強，本處長官認為非常重要於是派員前往海纜製造廠所在地－日本，利用該廠之品管設備、檢驗(試驗)儀器等會同監辦定型試驗，待與驗專家公證公司人員認定合格後裝船啓運。

## 貳、海纜定型試驗

### 一、出國期間：

自民國九十九年六月六日起至九十九年六月十日止計五天，目地在日本東京千葉縣。

### 二、定型試驗項目及試驗時機：

按照承攬商維世佳公司提出之海纜定型試驗計劃，本次赴日本應該進行海底電纜之定型試驗，計有 1.絕緣電阻試驗、2.直流耐壓試驗、3.導體直流電阻測定、4.循環老化試驗、4.1.部份放電試驗、4.2.Tan  $\delta$  量測試驗、4.3.衝擊基準電壓試驗、4.4.交流耐壓試驗、4.5.海纜廠內接續匣特性試驗、5.循環老化試驗、5.1.物理特性試驗、5.1.1.導體遮蔽層之體積電阻試驗、5.1.2.絕緣體遮蔽層之體積電阻試驗、5.1.3 絕緣體試驗等。其中部份放電試驗、循環老化試驗必須等待海底電纜完成耐彎曲試驗後方可辦理。同時循環老化試驗通過後，才可以進行衝擊基準電壓試驗、交流耐壓試驗，且在熱循環老化試驗後，辦理部份放電試驗、Tan  $\delta$  量測試驗、衝擊基準電壓試驗、交流耐壓試驗、海纜廠內接續匣特性試驗、在循環老化試驗後才可進行物理特性試驗，經過這些特定程序的試驗，才可以真正檢測出海纜應有的品質，物理特性試驗包括 1.導體遮蔽層之體積電阻試驗、2.絕緣體遮蔽層之體積電阻試驗、3 絕緣體試驗。絕緣體試驗又包含抗張強度試驗、伸長率試驗、交連度試驗、熱潛移試驗，過程繁複。

### 三、定型試驗環境：

定型試驗進行前須登錄試驗室之溫度、濕度、大氣壓力等外部影響試驗結果的因素，再依據參數修正量測所得之結果。例如量測導體之電阻時必須量測試驗場所週圍的溫度，以用來修正為標準所規定溫度的電阻值。以往參加國內的材料試驗，除了記錄試驗場所的溫度外，很少注意進行記錄試驗場所的濕度和大氣壓力，日本海纜製造廠為取得更精確的試驗結果，確保其產品的品質，也記錄試驗室在進行試驗當時的濕度及大氣壓力，這些作法在國內很罕見，不僅如此其試驗場所也近似無塵室及恆溫空調設備。

#### 四、試驗儀器之校正：

海纜之定型試驗須辦理的測試項目繁多，使用的試驗儀器分為機械式、電子式，如拉力機除了量測計算伸長率同時也量測材料單位截面積扯斷力（剪力），屬於機械式試驗數據之取得往往都以目視方法，所產生的誤差很大，電子式的量測儀器有電壓器、電流安培計、示波器等，不穩定的使用電壓等會造成儀器顯示不同試驗結果，所以驗收用試驗儀器，每年必需送請第三者公證公司或學術單位進行試驗儀器所量測之數據比對，以確定業者（製造廠）所試驗所使用的儀器正確與否，目前本公司配電工程帶料器材之驗收過程中，所使用的檢驗儀器常使用財團法人全國認證基金會（TAF）認證標誌之試驗室校正，儀器於校正合格後財團法人全國認證基金會會在受測試之儀器貼上合格標籤，以昭公信。此次海纜進行定型試驗所使用的儀器，也辦理類似的定期校正的工作，是由第三公證公司辦理如 SGS、獨立實驗室等，並將校正合格標籤貼於該儀器上。

五、定型試驗結果：

試驗項目	試驗標準	實測值	試驗日期
絕緣電阻試驗	絕緣電阻 $> 13.526 \text{M}\Omega \cdot \text{km}$ (換算為 $15.6^\circ\text{C}$ )	52.920 $\text{M}\Omega \cdot \text{Km}$	99/6/8
直流耐壓試驗	直流電壓 100KV 加壓 15 分鐘，如無異狀視為合格	合格	99/6/8
導體直流電阻試驗	於 $25^\circ\text{C}$ 下， 導體直流電阻 $< 0.0708 \Omega/\text{km}$	0.0696 $\Omega/\text{km}$ $25^\circ\text{C}$	99/6/8
熱循環試驗	將海、陸纜、接續匣、接頭等 整組合測試	無異狀	
部份放電試驗	施加交流電壓 52KV， 放電量 $< 5 \text{PC}$	2 PC	99/6/7
Tan $\delta$ 量測試驗	$< 0.1\%$	0.051%	99/6/7
衝擊基準電壓試驗	海纜可承受 150KV 衝擊電壓 15 分鐘者視為合格	無異狀	99/6/7
交流耐壓試驗	海纜可承受 100KV 交流電壓 5 分鐘者視為合格	無異狀	99/6/8
海纜廠內接續匣特性試驗	經交流耐壓試驗後，檢驗電纜 及附屬器材等外觀無損壞	正常	99/6/9
循環老化試驗	經過 14 個加熱週期，其中 4 小時以上使導體溫度達 $130^\circ\text{C}$	無異狀	99/5/14~ 99/6/2
物理特性試驗	含耐熱性試驗、耐寒性試驗、 浸油試驗等	無異狀	99/5/14~ 99/6/2
導體遮蔽層之 體積電阻試驗	於 $90^\circ\text{C}$ 時最大 $100000 \Omega \cdot \text{cm}$ 於 $130^\circ\text{C}$ 時最大 $100000 \Omega \cdot \text{cm}$	504 $\Omega \cdot \text{cm}$ 2280 $\Omega \cdot \text{cm}$	99/6/8
絕緣遮蔽層之 體積電阻試驗	於 $90^\circ\text{C}$ 時最大 $50000 \Omega \cdot \text{cm}$ 於 $130^\circ\text{C}$ 時最大 $50000 \Omega \cdot \text{cm}$	417 $\Omega \cdot \text{cm}$ 2460 $\Omega \cdot \text{cm}$	99/6/8
絕緣層試驗			
抗張強度試驗	常溫： $> 1.27 \text{Kgf/sq mm}$ 老化： $> \text{常溫抗張強度 } 75\%$	3.0 $\text{Kgf/sq mm}$ 117.6%	99/6/10
伸長率試驗	常溫： $> 250\%$ 老化： $> \text{常溫伸長率 } 75\%$	575% 104.3%	99/6/10
交連度試驗	最大未交連度 30%	2.70%	99/6/9
熱潛移試驗	熱伸長率 $< 175\%$ 熱固率之絕對值 $< 10\%$	88.0% 0.0%	99/6/8~ 99/6/9

## 參、心得及建議

此次參加 25KV 級海底電纜之定型試驗，可以說是有生以來的第一次，而海底電纜之品質維繫著海底電纜的運轉壽命，倘使故障發生時所衍生的損失無法估計，諸如營業損失、修護費支出等，修護的工作又曠日費時，其重要性可見一斑。同時興辦海纜工程國際標在本公司尚屬首次，因此有關之檢驗工作僅有按照契約上相關規定辦理。為此本處主管特別指示先前往高壓電纜之製造廠—大亞公司，參加 25KV 級高壓電纜之會驗工作，瞭解高壓電纜於成品驗收時必須進行之檢驗項目，及其檢驗時必須準備的儀器、儀器的操作方式，試驗室環境不同（溫濕度、氣壓）修正試驗結果的方法。經過參與大亞公司的會驗工作所取得之經驗，在此次出國參加 25KV 級之海底電纜之定型試驗中幫助很大。參與此次海纜定型試驗的機構有台灣世曦工程顧問股份有限公司、SGS 公證公司、維世佳公司品管人員（製造廠）等、都是專業的技術人員，除了提供對海底電纜品質驗證的方法，也讓彼此間能有互相學習觀摩的機會。

高壓電纜的製造過程最忌諱的，就是其介質中滲入雜質尤其是塵埃，因此在維世佳公司電纜製造廠，環境很乾淨不會因為起風而塵土飛揚，電纜製造的機械能加蓋的幾乎都有，地板都噴漆塗裝以方便檢視灰塵污染的程度，及容易清掃。電壓層級愈高的產製場所甚至設有高塔無塵室，根據維世佳公司的簡報資料，其有產製超高壓 345KV 級之地下輸電電纜。至於該公司所產製海底電纜電壓等級為 25KV，在駐廠參加海纜定型試驗期間，經廠方人員介紹復目睹該廠正在嘗試製造 161KV 級之海底電纜，本等級之海底電纜甚至比 25KV 級之海纜還先進，在其電纜主體與鎧裝保護層間加裝光纖電纜，作為海底電纜敷設完成後，竣工運轉時傳輸運轉資料用，使電力運轉操作電腦自動化更完整、資料傳輸無干擾更快速，由此可見維世佳公司企圖心很大，不吝投資巨額經費開發新產品，不斷地測試新產品的品質，其創新研發能力很強，值得國內電線電纜公司學習模仿。

海纜定型試驗是一件很專業的工作，本工程契約又明確訂定須委請第三者公證公司駐廠全程監督辦理檢驗工作，本次出國發現 SGS（第三者公證公司）駐廠義大利籍 Mr.Angerlo 精通海纜之定型試驗步驟，及各試驗項目先後次序，確實掌握海底電纜的品質，對工作相當執著，試驗規定時程要求以碼表計時分秒不差，值得我們借鏡。

## 肆、附録

### 1.電纜直流耐壓試験



### 2.電纜交流耐壓試験



### 3. 電纜部份放電試驗



### 4. 電纜直流耐壓試驗



### 5. 內半導體拉伸試驗



### 6. 絕緣體遮蔽層之體積電阻試驗

