

# 行政院所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

## 清水模建築技術應用於變電所之研習

服務機關：台灣電力公司輸變電工程處中區施工處

姓名職稱：蔡宜樺(457628) 土木設計專員

派赴國家：日本

出國期間：104年11月9日~104年11月13日

報告日期：104年12月25日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：清水模建築技術應用於變電所之研習

頁數： 23 頁

出國計畫主辦機關：台灣電力公司

連絡人：蔡宜樺、電話：(04)2521-1566

出國人員姓名：蔡宜樺、服務機關：台灣電力公司輸變電工程處中區施工處

出國人職稱：土木設計專員、電話：(04)2521-1566

出國類別：實習

出國期間：104年11月09日~104年11月13日

出國地區：日本

報告日期：104年12月25日

分類號/目：

關鍵詞：清水模工法、變電所、裝修材

內容摘要：

因應本公司經營環境困蹇，並考量目前大多數既有變電所均採自動化型式管理，僅派員定期維護，內部裝修材(如磁磚、粉刷)於設計時可選擇為非必要之工項，故可採取省略牆面粉刷、貼磚工項之工法，藉以節省工程經費、縮短工期之方式，達成公司成本管控、樽節支出之效。由於本公司過往並無清水模牆面運用於變電所內部裝修之設計經驗，綜觀現有牆面工法，實以清水模工法施作最為貼近前述目標，而日本為清水模工法之翹楚，因此藉由本次赴日實習參訪，瞭解國外相關技術之應用，俾運用於日後變電所設計，並提升公司之設計能力及施工技術。本文係將本次實習參訪之目的、對象、成果及心得進行說明，並於文末提出建議，以作為未來設計之參考。

# 目 次

壹、研習緣由及目的.....	2
貳、研習行程.....	4
參、清水模工法簡介.....	5
肆、研習過程及內容.....	8
一、參訪單位及變電所簡介.....	8
二、參訪過程及照片.....	10
伍、研習心得及建議事項.....	18
一、研習心得.....	18
二、建議事項.....	19

## 壹、研習緣由及目的

目前本公司既有變電所，大部分均為無人變電所，採取自動化型式管理，除了欲規劃作為對外開放民眾參觀用之變電所，內部裝修在視覺效果上應具備基本美觀之外，其餘變電所僅本公司之維護單位定期派員管理，內部裝修材(如貼附磁磚、油漆粉刷)於設計時，可選擇免裝修之工法，即可省卻裝修之費用與工期，以利降低成本並縮短送電時程。

再者，由於筆者於工務段現場之經驗，曾見變電所內貼磚牆面，因牆面混凝土與磁磚之間膨空而造成磁磚脫落，須幾乎整面敲除重新裝貼之案例(如圖1)，且生活周遭及新聞報導亦常見外牆磁磚掉落之實際案例(如圖2)；另外，變電所內油漆顏色大部分選用白色居多，常造成腳印、汙漬等破壞牆面美觀，且常因防水工程不確實，造成牆面滲水進而產生白華(俗稱壁癌)等缺失(如圖3、圖4)。因此設計時，確實可考量採不貼磚、不油漆方式處理，拆模後可免裝修牆面(或僅重點整飾)，故以清水模工法施作最為貼近前述目標。

清水模工法的優點在於拆模後可免進行裝修牆面聞名，且外觀顏色為混凝土原色之灰色系，比起白色油漆粉刷更不易沾汙，故選用清水模工法對內部牆面而言，較容易維持整潔美觀，美學上亦逐漸蔚為風尚。由於日本之清水模工法聞名遐邇，且已有相當豐富的施作經驗，因此本計畫希望藉由赴日本之電力公司參訪其清水模工法應用在變電所之技術，俾益本公司未來在變電所建築工程之牆面工法選擇，並值得將其案例作為設計之參考範本。



圖1 本公司變電所內牆磁磚脫落情形



圖2 本公司某單位外牆磁磚脫落情形



圖3 本公司變電所內牆滲水水漬情形



圖4 本公司變電所內牆汗損情形

## 貳、研習行程

### 一、實習主題

清水模建築技術應用於變電所之研習

### 二、實習地點

日本 名古屋市 (にほんのなごやし)

### 三、實習期間

日期：104年11月9日至104年11月13日

### 四、實習對象

中部電力株式会社(Chubu Electric Power Co.)

### 五、參訪工程

牛島町變電所(Ushijima-cho Substation)：含既有地上變電所及新建地下變電所

## 參、清水模工法簡介

清水模工法又稱清水混凝土，英文常稱為Exposed Concrete，在台灣一般簡稱為清水模，但這並非是一種特殊的模板，而係指一種概念、工法。主要特點是在於結構體在拆模後，其表面不再經過修飾、貼磚或油漆粉刷，所以完成面即為拆模後之表面。此概念係源於法國建築大師柯比意(Le Corbusier)，其代表作為廊香教堂(如圖5)，展現出混凝土粗曠不加修飾的風格；後來因日本建築大師安藤忠雄在其設計中大量採用清水模工法，影響了日本、台灣、香港等地的建築風格，尤其公共建築更是率先引入清水模工法作為示範，如日本的秋田縣立美術館、兵庫縣立美術館(如圖6)，台灣的八里十三行博物館、日月潭向山遊客中心(如圖7)。

由於採清水模工法之結構體拆模後不再進行任何加工修飾，因此結構體可保持良好的通透性，就如同人體皮膚毛細孔一樣，可以隨著外界環境變化自我調節溫溼度，所以清水混凝土也被稱為「會呼吸」的混凝土。也因為施工過程中不經過二次施工，表現出材質本身的原始風味，不增加無謂的裝修材，減少地球資源的消耗，亦可歸列為綠建築工法之一，符合當今環保潮流。清水模工法在施工細節上須相當嚴謹，否則拆模後結構體將留下瑕疵，故要發揮清水模的特點，施工時應注意下列幾點：

- (1)水泥成分及混凝土級配比要掌握，避免色澤不協調。
- (2)灌漿不可中斷，避免留下冷縫，並且須規劃好灌漿順序。
- (3)須預先規劃好模板分割，並使表面螺孔配置整齊美觀。
- (4)應確實執行模板支撐計畫，避免灌漿時模板受到灌漿壓力而變形。
- (5)模板面脫模劑塗抹均勻，才能使拆模時不會破壞完成面。

清水混凝土其優缺點如下：

### (一)優點：

- (1)表面不需要再裝修任何材料。
- (2)室內設計可呈現簡約風格，再搭配簡單的照明設計即可。
- (3)有別於傳統貼磁磚或油漆粉刷的制式裝修。
- (4)無磁磚掉落風險且不易產生白華現象，無需重新油漆，後續維護相對簡單。

### (二)缺點：

- (1)模板選擇上要求較高，成本稍貴。
- (2)施工人員技術要經特別訓練且施工品質要求高。
- (3)灌漿細節若不嚴謹，容易產生蜂巢現象，造成失敗。
- (4)易受台灣雨季長短影響，施工困難度較高，廠商風險較大。

清水模工法在材料選取上，以模板及混凝土為兩大重點。目前清水混凝土所使用的模板種類有合板及鋼模，但一般而言鋼模較適用於橋梁或高架道路之橋墩，因此在建築上如應用清水模工法，大都採用合板為清水模板；國內目前常用的模板係國外進口之「芬蘭板」如圖8。混凝土之選取上，以高性能混凝土(High Performance Concrete, HPC)與自充填混凝土(Self-Compact Concrete, SCC)為主，係利用其高流動性提供較佳的工作性，以減少蜂窩的產生。其建議配比依成大建研所碩士論文(吳黃鈞，2010)，以強度 $280\text{kg}/\text{cm}^2$ 為例，水膠比(水160kg，膠結材:水泥310kg、爐石100kg)、粗骨材750kg、細骨材1025kg，化學摻料5.74kg；坍度及坍流度則分別控制在 $25\text{cm}\pm 2\text{cm}$ 、 $60\text{cm}\pm 5\text{cm}$ 內。模板施工則為因應高性能混凝土之高流動性，須有較高的精度如垂直度、接合處之密合度等。而清水模工法與傳統工法之差異比較表如表1。另外，清水模工法之施工過程與剛拆模後的情形，則分別如圖8、圖9所示。

表1 清水模工法與傳統工法差異比較

	項目	清水模工法	傳統工法
模板	模板種類	芬蘭板(亮面)	普通模板
	表面處理	塗脫模劑、Epoxy	廢機油
	垂直度要求	高	低
	密合度要求	高	低
	模板切割	須依牆面規劃	無標準
	繫件	蓮霧頭、螺桿、止水環	螺桿、間隔材、鐵線
混凝土	混凝土種類	高性能或自充填混凝土	一般混凝土
	添加物	化學摻料如強塑劑	無
	坍流度	$60\text{cm}\pm 5\text{cm}$	無要求
	工作性	佳	視坍度而定
完成面	表面處理	不再處理	粉刷、貼磚、油漆
	表面平整度	平整光滑(正常情況)	一般較粗糙
	表面保護塗劑	水性或油性保護劑	無
	識別特色	留有螺孔	無





圖5 法國---廊香教堂(來源:網路照片)



圖6 日本---秋田縣立及兵庫縣立美術館(來源:網路照片)



圖7 台灣---八里十三行博物館及日月潭向山遊客中心(來源:網路照片)



圖8 清水模工法施工過程(來源:網路照片)



圖9 清水混凝土拆模後情形(來源:網路照片)

## 肆、研習過程及內容

### 一、參訪單位及變電所簡介

本次參訪之單位為「中部電力公司」，成立於1951年，總部係位於日本愛知縣名古屋(日本第四大城)，負責日本中部地區約1600萬人口之用電，其公司規模則僅次於東京電力公司及關西電力公司，為日本第三大電力公司。本次所參訪之「牛島町變電所」為屋內型變電所，座落於名古屋市區，距離日本JR鐵路名古屋站約3分鐘步行路程，目前地面上為既有變電所，電壓等級為154kV/33kV，本所已於2004年完工送電；地面下則為目前新建之變電所，電壓等級為275kV/77kV，預計於2017年完工(如圖10)。

因當地商業活動快速發展，地面上之既有變電所提供之電力容量已不敷使用，因此中部電力公司便於該基地，再規劃目前正在施工中的地下變電所，並於2013年開始施工。由於變電所緊鄰一棟當地稱為「Lucent Tower」的商業大樓，為40層樓、高度180公尺的高樓建築，且地下變電所位於商場的正下方進行施工，因此變電所牆厚設計高達1公尺，樓板厚度亦設計高達60公分，以維持結構安全。

牛島町變電所分為地上變電所及地下變電所，其樓層分布如下(如圖11)。

(一)既有地上變電所:

- (1)地下一樓: 電力電纜室
- (2)地上一樓: 154/33kV主變壓器室
- (3)地上二樓: 電力電纜室
- (4)地上三樓: 154kV、33kV GIS室、控制室、保護電驛室
- (5)頂樓(無屋頂遮蔽): 冷卻水塔裝置

(二)施工中地下變電所:

- (1)地下一樓: 275kV、77kV GIS室
- (2)地下二樓: 電力電纜室
- (3)地下三樓: 275/77kV主變壓器室

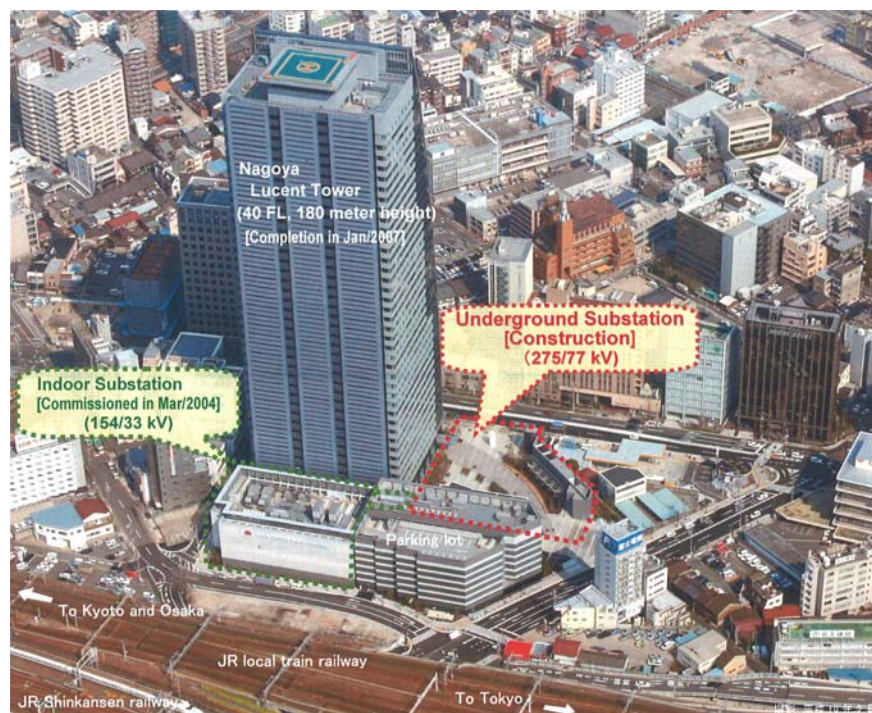


圖10 牛島町變電所基地範圍(來源:中部電力公司提供)

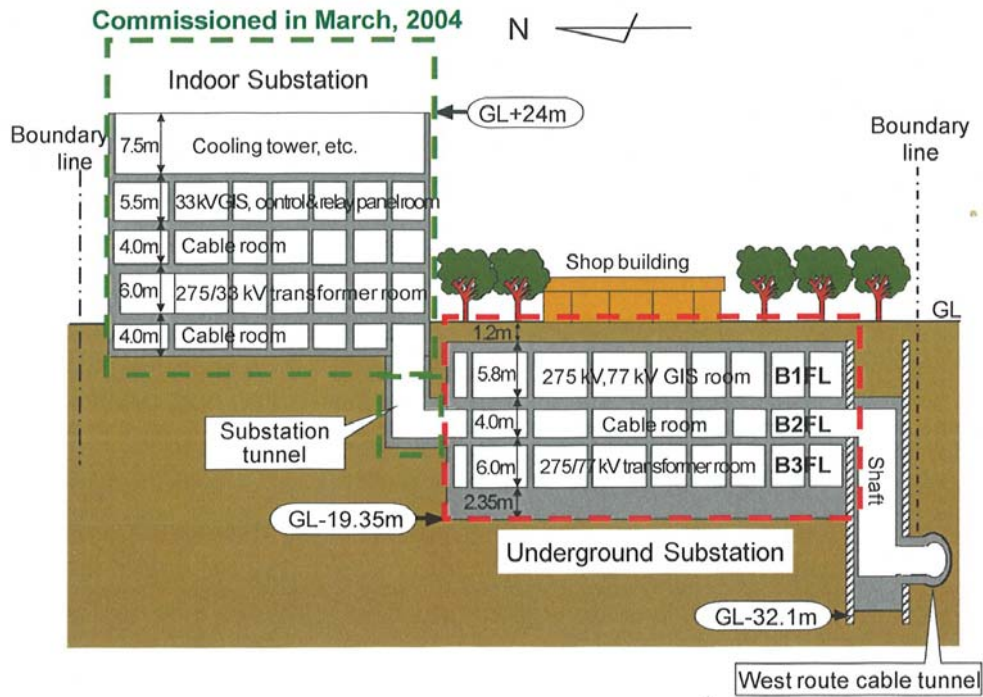


圖11 牛島町變電所樓層配置(來源:中部電力公司提供)

## 二、參訪過程及照片

本次參訪過程係由中部電力公司之工務技術中心協理(assistant manager)渡部達也君(わたなべ だつや)及電機工程師伊藤健太君(いどう けんたい)陪同介紹牛島町變電所的清水混凝土結構體及各個樓層之設備。

在進入變電所基地前需先辨識身分，禁止閒雜人隨意進出，門禁管理相當確實。工安意識亦落實在每一環節中，如移動式起重機操作前均有伸出支撐架，並以鋼板為底墊(如圖12)；一組作業人員共有三名，包括操作員、吊掛員及指揮員，均確實配戴安全帽(如圖12)；工作前均有進行工具箱會議(Box Meeting)及預先危害告知(TBM-Ky)(如圖13)；吊掛物品時，起重機之掛鉤均有設置防滑舌片(如圖14)。

進入地下變電所室內後，通風良好並不需要太強的空調即可保持舒爽的溫度。首先，渡部協理先為筆者進行中部電力公司及牛島町變電所之簡介，例如:中部電力公司於牛島町超高壓變電所設置前後，在名古屋市的輸變電系統及配置圖(如圖15)，公司電壓最高等級為500kV、牛島町變電所的地理位置及各樓層配置(如圖16)、變電所特殊的結構型式(無樑版型式，如圖17)、變電所施工過程紀錄等(如圖18)。經過簡介後，對牛島町變電所有了初步瞭解，即開始進行實地參訪。

參訪路徑由施工中的地下變電所之地下一樓(275kV、77kV GIS室，如圖19)開始，行經地下二樓(電力電纜室，如圖20)，最後到達地下三樓(275kV/77kV 主變壓器室，如圖21)，其地下樓版系統均採無梁型式，施工方式均採清水模工法，如圖22。接著便由變電所之立坑通道(如圖23)進入既有變電所之地下一樓(電力電纜室，如圖24)，再往上經地上一樓(154/33kV主變壓器室，如圖25)，及地上二樓(電力電纜室)、地上三樓(控制室，如圖26)，最後到達頂樓(冷卻水塔裝置，如圖27、圖28)。接著渡部協理引導筆者由側門出來(如圖29)，從變電所上方的商場外圍繞了一圈，參觀變電所周遭環境，並於商場前廣場合影留念，如圖30。最後回到基地的臨時簡報室進行問答討論時間後，整個參訪過程大致完成。



圖12 工作人員進行移動式起重機吊掛作業



圖13 牛島町變電所施工前のTBM-Ky活動紀錄表



圖14 起重機之掛鉤均設置防滑舌片

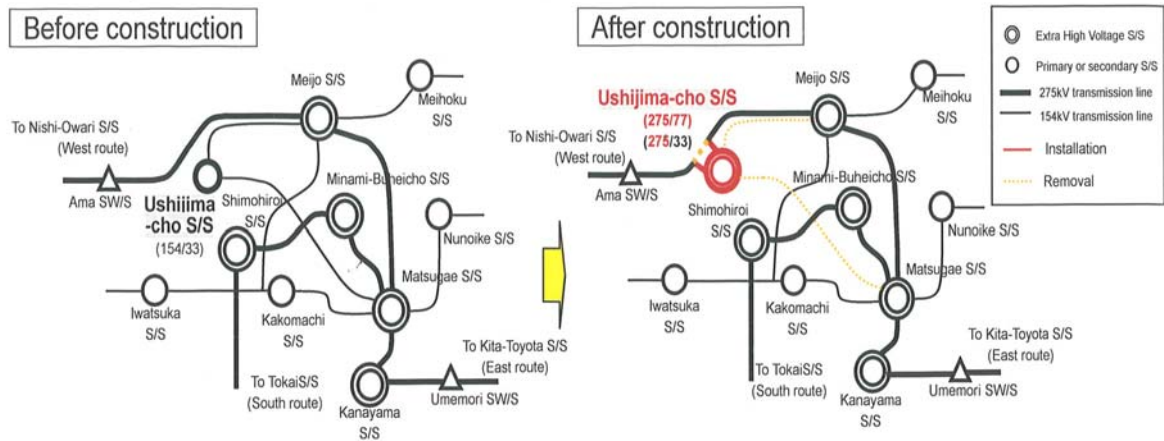


圖15 牛島町超高壓變電所設置前後之輸變電系統及配置圖



圖16 牛島町地下變電所各樓層配置(土建完工狀況)



圖17 樓版系統採用無梁版型式



圖18 牛島町變電所施工過程紀錄

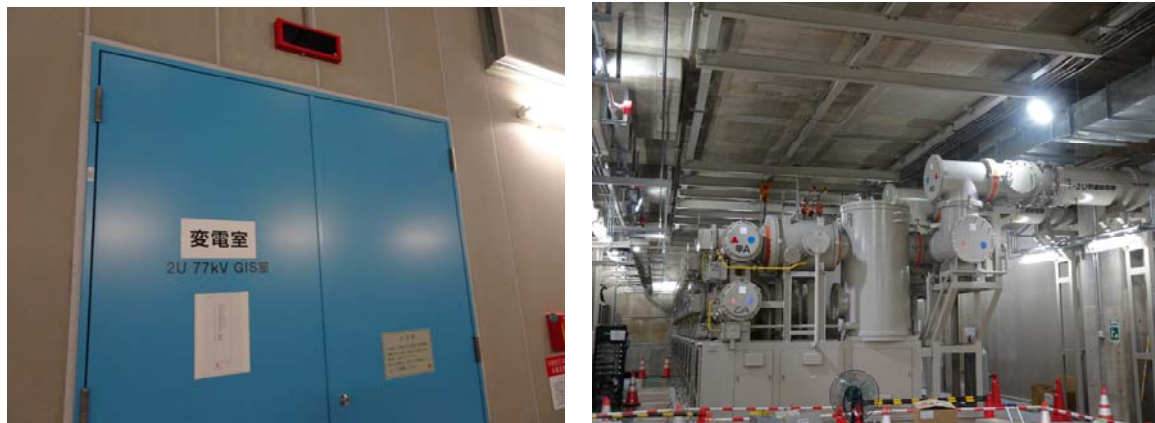


圖19 牛島町地下變電所之地下一樓——GIS室



圖20 牛島町地下變電所之地下二樓——電力電纜室





圖21 牛島町地下變電所之地下三樓——275kV/77kV 主變壓器室



圖22 無梁樓版系統——採清水模工法



圖23 牛島町變電所之間的立坑通道



圖24 牛島町地上變電所之地下一樓——電力電纜室



圖25 牛島町地上變電所之地下一樓——154/33kV主變壓器室



圖26 牛島町地上變電所之地下一樓——控制室



圖27 牛島町地上變電所之頂樓——冷卻水塔裝置(1)



圖28 牛島町地上變電所之頂樓——冷卻水塔裝置(2)



圖29 變電所基地側門



圖30 合影留念(左圖為伊藤工程師、右圖渡部協理)

## 伍、研習心得及建議事項

### 一、研習心得

對於一個甫進公司四年多的新進人員來說，即可獲得公司主管推派出國實習，令筆者備感欣慰，亦代表工作能力受到主管肯定。至於出國學習國外技術，除了可以吸收新知、增廣見聞，更可以紓解工作上的壓力，希望將新觀念帶回台灣，能對公司有所幫助。茲將筆者赴日研習之心得說明如下：

- (一)清水模工法在日本係相當流行的施工法，施工技術亦相當成熟。細觀此變電所完成面之成色雖然屬灰色系，但表面相當平整光滑，且亦可應用在曲面(如圖31)，可見日本施工品質良好具優良保證，背後同時代表著施工步驟非常細緻嚴謹，施工人員技術亦非常嫻熟。反觀台灣的營造施工人員技術或許不比日本差，但施工態度上比起日本的嚴謹精神卻還有段差距，這大概是民族性及養成教育造成現今的落差，也是台灣要再加強的地方。從筆者在現場自辦監造經驗即可得知，台灣的施工人員若無要求便相當鬆散，因此對於清水模工法而言，這種品質須高度仰賴施工人員細心度的工法，要應用在本公司的變電所，是需要現場監造人員更嚴格要求承攬商對其施工人員加強訓練及管理。
- (二)在實地參訪的同時，有兩個特別之處提出來分享：一則是渡部協理亦向筆者介紹牛島町變電所採用的壁體工法「地下二重壁」，施工大樣圖及完成圖如圖32、圖33，此種係專門應用在地下室壁體，用途為防止地下水、雨水等滲入地下室內，多設

置一道阻隔水路之壁體，設置位置如圖34，其變電所實作案例如圖35。二則是基地外之臨時圍籬加入綠化設計，或者是鋪設綠色系布板，花草都定時澆灌養護良好(如圖36)，可美化當地環境，增加居民對變電所工程的好感，破除大家將工地與髒亂劃上等號的刻板印象。

(三)本次赴日本實習時，所見不僅牛島町變電所採用清水模工法，當筆者搭乘地鐵時，於地面出口處都是採用清水模工法施作，如圖37。由此可見，清水模工法在日本可說是相當盛行的工法，且日本對施工品質要求甚高，因此對於部分隔間牆施作，甚至採用預鑄工法配合清水模工法經過標準作業程序製造，再運至現場組裝，成果相當良好，且可縮短施工時程。此清水模工法之觀念及技術，未來值得透過修訂變電所設計準則，逐漸推廣應用至本公司變電所相關的土建設計。

(四)由於本公司興建變電所時，常遭遇地方居民之抗爭，因此經筆者詢問渡部協理「中部電力公司是否亦同樣遇到抗爭事件阻撓牛島町變電所興建?」，所獲得的答案是「抗爭一定會有」，但渡部協理亦回應，當地居民為了當地的建設及用電需求，大部分均秉持著支持的態度，且經中部電力公司透過多次說明會溝通後，反對的聲音就逐漸消弭，對照本公司之工程即使多方溝通辦說明會，卻無法如此順利推動，究其原因，推論應是台灣與日本兩地民情觀念不同及公營民營政策有別造成之差異。

(五)以本公司變電所採用清水模工法施作之案例如圖38，與本次參訪之牛島町變電所如圖39，比較兩者清水混凝土施工品質。本公司變電所多處產生局部蜂窩現象、成色較不均勻等缺失；至於牛島町變電所經筆者參訪結果，成色不均亦是較常出現之瑕疵，少數柱底可能有局部缺失而留修補痕跡，但大部分完成面均相當平整光滑，可謂瑕不掩瑜。因此在清水混凝土施工品質上，台灣仍有進步空間。

## 二、建議事項

本次赴日參訪及實習，讓筆者見識到日本的施工技術、施工品質，最重要的是對大大小小的工作均有敬業、嚴謹及細膩的態度，這趟學習可謂獲益匪淺，不虛此行。爰將所獲得的感想提出以下幾點建議以資參考:

- (一)台灣目前大型的公共工程建築案常採用清水模工法，也逐步引領業界推廣使用。
- 據筆者瞭解，本公司的變電所相關土建工程，僅電纜涵洞內側壁體或屋外型變電所之基礎出露面，方有規定採用清水模工法施作，而變電所建築結構方面仍未採行。因此建議可先取一間變電所來作示範並評估成效後，再逐步修訂變電所設計準則並推廣至未來變電所設計，期許未來的變電所品質能更上層樓，降低內部裝修的建造成本，並有效縮短施工工期。
- (二)變電所地下室可參考牛島町變電所的案例，採用地下二重壁的做法來防止滲水。
- (三)變電所內部管線(如排水管、消防管、電信管等)可整合設計排列，並以明管方式施設(如圖40)，可利於日後維修，並可與免內部裝修相呼應。
- (四)筆者常見坊間大型建案施工中的臨時圍籬均有設置綠化工程，因此建議往後變電所工程可於契約中納入臨時圍籬綠化項目，可提升環境美化、增加公司形象。



圖31 牛島町變電所清水模完成面(平面及曲面)良好

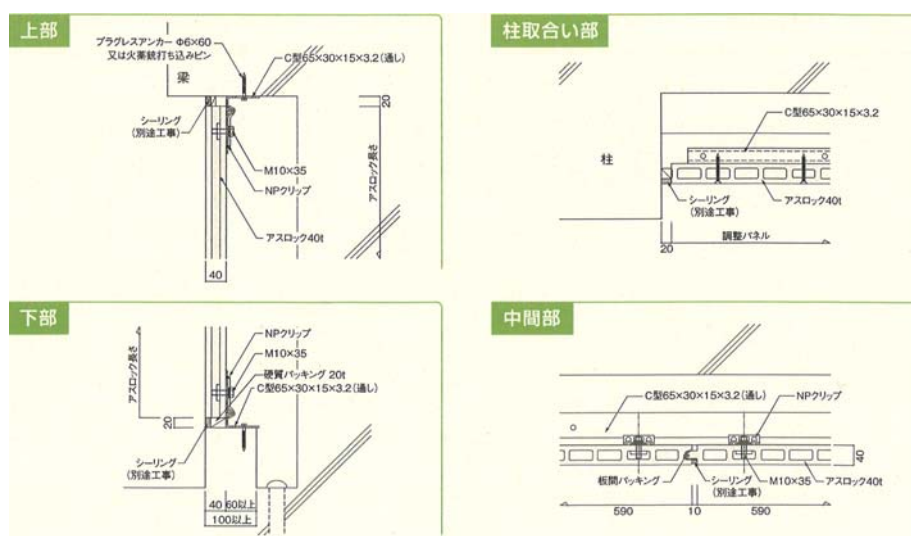


圖32 地下二重壁施工大樣圖(來源:中部電力公司提供)

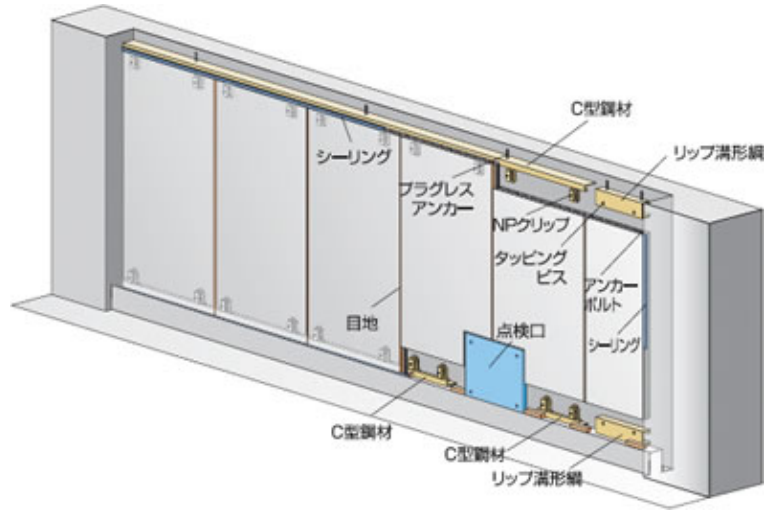


圖33 地下二重壁施工完成圖(來源:網路圖片)

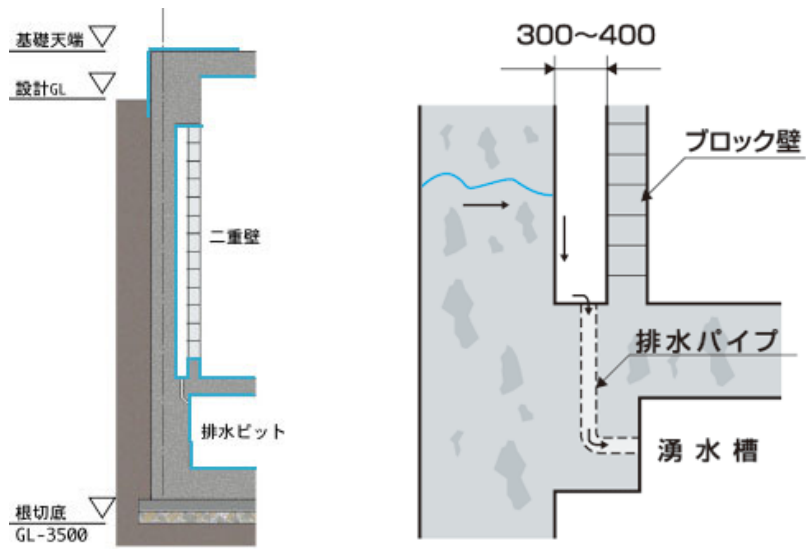


圖34 地下二重壁設置位置圖(來源:網路圖片)



圖35 牛島町變電所地下二重壁實例



圖36 牛島町變電所臨時圍籬綠化工程

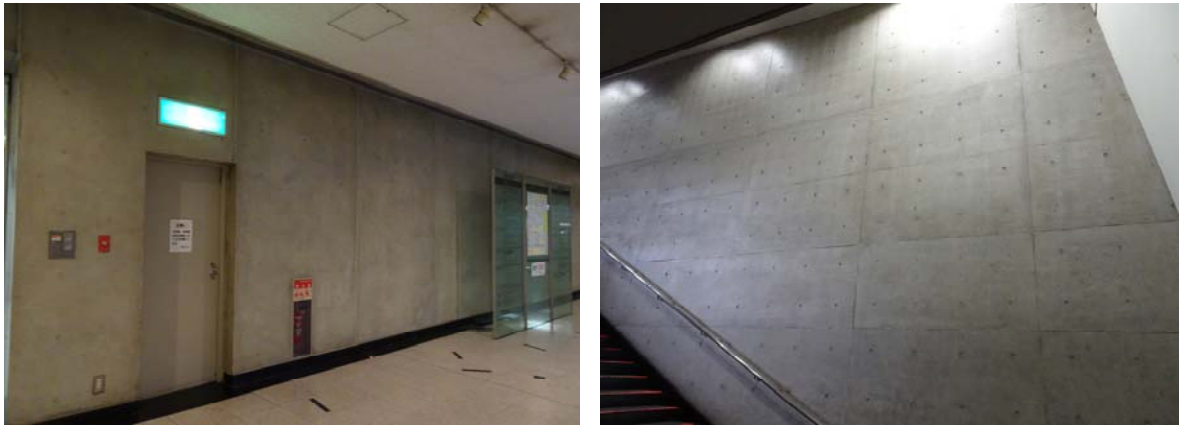


圖37 日本地下鐵(捷運)出口處清水混凝土實例



圖38 本公司某開關場天花板清水混凝土實例





圖39 牛島町變電所清水混凝土實例



圖40 牛島町變電所內部明管施設