

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

變電所防洪排水設計新技術

服務機關：台灣電力公司南區施工處
出國人職稱：十等土木工程監
姓名：蕭志勝
出國地區：日本
出國日期：92.10.20-92.10.29
報告日期：92.12.10

43/009204621

一、前言：

由於台灣地處西太平洋颱風區，風災頻繁且颱風來襲均會帶來豪雨，其往往對人類生命財產及國家經濟建設造成巨大的破壞，近幾年更因都市人口成長快速，土地資源的過度利用開發，加上全球環境氣候異常及溫室效應之影響，颱風暴雨帶來甚多的災害。以 90.9.17 納莉颱風來襲為例引致北台灣嚴重的水患，台電公司汐止、南港、八堵等變電所亦遭淹水而無法正常供電，由於變電所之正常供電與否，不僅對附近居民的生活起居造成不便，更對社會資源及產業經濟影響甚鉅，因此如何防患於未然做好防洪排水設計，避免洪災水患危害到變電所的運作，已成為一個非常重要之課題。

因日本亦屬海島型氣候，颱風暴雨頻繁水患亦經常發生，加上其興建變電所之規劃設計技術甚為精進，尤以在規劃興建多目標變電所及地下變電所已有多年經驗聞名遐邇。此回出國到日本研習「變電所防洪排水設計新技術」，除拜訪東芝--三菱公司等廠家，並參訪東京電力、中部電力公司多所變電所，觀摩日本電力公司在規劃設計「地下變電所」等之防洪排水設計實務經驗，並藉此研習最新之防災工法技術，作為未來變電所規劃設計之參考，有助於本公司在防洪排水設計技術之提昇，同時期以減少水患之侵犯，確保變電所之正常運轉以降低公司之損失，並減低對產業之衝擊及維護公司的社會形象。

變電所係屬重要的公用事業設施，其是提供居民生活的能量及工業生產的動力中心，因而散佈於各區域不論是山區、郊區海濱、城市均須仰賴其提供電力，尤其是人口稠密的都會區，其更是帶動城市展現光明的樞紐，但由於其僅是都市公共建設的一環，相關的防洪排水設計規劃仍需配合整體國家防洪計劃或是都市防洪計劃而興設。

變電所防洪排水的首要任務，即是避免變電所遭洪水侵襲及避免積水影響變電所的供電運作，而防洪規劃設計的方法，一般可採工程方法(結構性方法)及工程性方法(非結構性方法)兩大類，就變電所所屬的特性而言，都會區之變電所防止淹水的具體策略可採下列四項為

之：1.避開法(避免設置於淹水區)。2.調整規劃高程(如將基地整高、調整 1F 地板高程…)。3.規劃設計抽排水設施(含設置防洪閘門、排水系統、截水溝、抽水機……) 4.設置水位預警監視裝置等；至於位於山坡地之變電所，則應詳實做好水土保持規劃設計，包括基地排水設施之水力計算及沈砂池、滯砂池之設計與維護等，另外植生綠化的設計與管理亦是不能忽視的一環。

經由此次的觀摩研習，除了參訪日本之東京、中部兩家電力公司及所轄的多所變電所，吾人得以整體的了解日本電力公司對於變電所的規劃設計技術及理念，其諸多的變電所防洪排水規劃設計新技術及設計、管理理念，確實值得我們借鏡學習。另外從參訪設備廠家(含主變壓器、GIS 設備、電纜)的過程中，亦讓吾人深刻體會到日本廠家對品質管理、研發發展的重視及先進的製程技術和完善的供應管理系統等，使得其機電相關產製品均享譽全球，尤其日本企業近幾年來盛行以「企業併購」或「策略聯盟」之經營方式，更是令人印象深刻，因此此趟日本學習之旅，帶給吾人不僅是甚多土建技術面的學習收穫，同時對於管理面的觀念啟發亦是獲益匪淺，因此相信此次實習結果對個人及公司均有相當的助益。

二、赴日本參訪行程簡介：

期間：92 年 10 月 20 日至 92 年 10 月 29 日

(一)東京電力株式會社(TOKYO Electric Power Company 簡稱 TEPCO)

- 東內幸町變電所

為一名列東京都內第十三位的 27 萬伏(275kv)多目標變電所。

建築物規模：大樓地面上 22 層~地下 6 層，地下變電所 B1F~B5F(RC 構造)。

- 新豐州變電所

為一在原東京火力發電廠上興建 50 萬伏(500kv)的一多目標變電所。於 2001 年完工開始運轉。

建築物規模：變電所地上 1F~地下 4F(SRC 構造)，其上部為辦公廠房，為一圓形構造物(直徑為 144m)，並將圓形平面分成三個 120 度之扇形單元所構成，變電所總樓地板面積為 45000m²。

(二)中部電力株式會社(CHUBU Electric Power Company 簡稱 CHUBU)

- 名城變電所

為一興建於名古屋古蹟城堡面門前公園式 27 萬伏(275kv)地下變電所。

建築物規模：1F~B2F 為停車場，B3F~B5F 為地下變電所(為 SRC 構造)，為一圓形地下構造物(直徑為 86m)，總樓地板面積為 29,800m²。

- 下廣井變電所

為一興建於名古屋車站附近之 27 萬伏(275kv)之多目標變電所。

建築物規模：主大樓地上 12 層~地下 5 層，副樓地上 5 層，變電所 B3F~B5F，B1F 為停車場(為 RC 構造)，總樓地板面積為 8,434m²。

(三)東芝－三菱株式會社(TM T&D Corporation)

為日本東芝(Toshiba)和三菱(Mitsubishi)兩大公司之電力系統變電部門採策略聯盟方式而成立之新興公司，成立於平成 14 年(2002 年)，

主要產品為變壓器之生產製造安裝。

(四)昭和電線電纜株式會社(Showa Electric Wire & Cable Co. Ltd)

為一著名的電力電纜廠商，此次參訪其相模原工場及愛知工場，除東京本社外，其所轄有相模原工場、愛知工場、海老名工場等。在海外更是有甚多的工場及營業所，主要製品為電力電纜、光纖電纜、電力電纜頭、建築物及設備之隔減震器材等。

三、防洪排水的目的及方法：

自古以來防洪排水整建計畫是每個朝代及政府致力改進的課程之一，現代的社會中與水爭地及山坡地的過度開發結果，造成世界各國水災損失持續增長，因而執行防洪減災工作，是各級政府重要的工作挑戰，尤其是都會區內人口密度高，防洪工作更是益形重要，當然都市發生積水現象的因素很多，基本上，都市雨水下水道未發揮其功能是主要原因之一，但是積水的原因若是來自河川防洪系統未能有效阻絕洪水進入都市內或是該區域內之降雨量超過雨水下水道的設計標準時，則都市區域內之相關之設施(如：捷運站、地鐵車站、變電所、抽水站、民宅…)亦必遭水患侵襲，因此有關防洪排水工作是個整體性全面性的工作。由於變電所僅是都市公共設施的一環，故有關區域防洪排水體系的問題不在本研習範圍之內，而著重於探討變電所所內之防洪排水技術，惟為呈整體理念仍將防洪排水的目的及方法概略說明如下：

(一)防洪的目的：

將洪災損失減至合理之最低程度，並維護人民生命財產損失，提高土地利用價值及提供一個相對安全的國土環境。

(二)防洪的方法：

防洪的方法有採用工程方法(或稱：結構性方法)及非工程方法(或稱：非結構性方法)兩種。

1. 防洪工程方法(結構性方法)

- (1) 束範洪流：興建堤岸或防洪牆以約束洪流，簡單經濟，且可分期進行。
 - (2) 疏導洪流：以截彎取直及挖深來改善河槽，以暢通洪流，使河槽流量增加，降低洪峰。
 - (3) 攔蓄洪流：修建湖泊與水庫攔蓄洪流，降低洪峰流量。
 - (4) 分洩洪流：增加減河與泛區以分減幹流。將洪水從疏洪道、排水溝導引至適合地點排放。
- 亦即構築堤防、蓄水槽、疏洪道、排水溝渠及抽水站等設施。

2. 非工程方法(非結構性方法)

防洪的方法，除了上述的工程方法(如構築堤防、蓄水壩、疏洪道、排水溝及抽水站等)外，在先進國家也配合推動所謂的非工程性防洪方法，例如加強水災防治教育、制定水災保險制度、設置洪水預報與預警系統、做好洪氾區之劃定與管理、加強集水區之經營管理(水土保持、土地利用)等。

(三)排水的目的

排水的目的為排除積水，提高土地利用，避免積水造成對相關設施之危害及影響使用。若以變電所而言，即避免因淹水而危害設備使用，進而影響變電所之供電運作。

(四)排水的方法

排水的方法，一般採用工程方法(結構性方法)；即以增加水路、減少流量、降低水位、截流等方式為之，若遇低窪區或無法以重力方式排水者，即須採機械式排水(即設抽水機)的方式為之。一般積水的主要原因可能是暴雨造成河水暴漲或地表逕流增加，無法宣洩所致，所以傳統的觀念是“排水”，但在 1990 年之後都市排水系統的觀念，已漸由傳統的“排水”漸漸變為“儲蓄”，也即將雨水儘量儲存在集水區內(包括蓄水設施)或加強入滲，存於地下，而非將逕流迅速地由排水溝渠、下水道輸送至河川，而造成下游的災害。

四、變電所防洪排水設計技術

(一)變電所防止淹水策略及措施

變電所淹水的原因，根據過去案例資料顯示主要有區域河川溢流、所外排水溝宣泄不及、地下室抽水機故障、過牆管滲水、電纜涵洞積水倒灌等造成。另變電所地下室淹水的路徑，洪雨水可能沿著下述路徑進入，進而危害變電所的運作。

1. 與地下室銜接之電纜涵洞、電纜溝、電纜管等之過牆管
2. 地下室進出門
3. 地下室進排氣口
4. 吊裝孔
5. 樓梯間
6. 伸縮縫
7. 筏基集水井
8. 地下室外牆嚴重滲水

而防止變電所淹水一般而言可採下述幾種措施：

1. 避開方式

於選址階段，應避免於高度潛能積水區域或低窪區購地，儘量避免於上述區域設置變電所。

2. 調高基地高程(整地)

變電所工址內，應規劃設計調整基地高程(即規劃為整地平台)，即予以整地調高，至於基地整地設計其平台高程需符合下列要求而決定整地高程(附註：參考台電變電所土木工程設計準則規定)：

- (1) 100年再現週期最高洪水位+0.3m。
- (2) 變電所大門臨接計劃道路邊緣高程+0.3m。
- (3) 變電裝機大型載重車輛出入。
- (4) 如無上述相關資料，則參酌附近地勢情況，並評估未來周邊開發趨勢，妥予訂定使其無淹水之虞。

3. 設置戶外排水溝及截水溝

變電所整地平台周邊設置截水溝並於建物四週及道路施設排水溝，且將匯集之逕流分向排放導排至區域排水系統。

4. 調整 1F 地板高程

於整地平台高程訂定後，若仍無法排除淹水之虞時，則可考量調整 1F.L 與 GL 之高程差方式辦理，但預先檢討結構系統安全性及使需求。

5. 調整地下室、進排風口突出地面的位置

地下變電所之進排氣口開孔頂部須在梁下 10cm 處，進氣口開孔底部高度應在地面上 3m 以上。其餘屋內變電所之排氣口開孔底部應則在各樓版上 50cm 處。

6. 筏基設置儲水槽及抽水機

筏基應分區規劃作為儲水槽及抽水機，同時筏基集水井應考慮筏基大小，儘予以加大加深；抽水機設計應採多處分散設計，以避免無法運轉之情事。

7. 設置防洪閘門

地下變電所之所有出入口、通風井及結構物開口必須設置防洪閘門、水密門及水密蓋板等防護設施

8. 每層樓梯出入口處，設置截流溝

地下變電所出入樓梯兩側扶手均採密閉式，以防止積水亂流。並於每層出入口處設置小型截水溝，將積水導入筏基內。

9. 地下電纜過牆管段須做防水處理

有關電纜涵洞、電纜溝進入地下室之過牆管均需要做防水處理，以防雨水洩入，避免造成地下室淹水。

過牆管防水處理做法可使用防水塞，防水塞之設置須採由外涵洞側往內(地下室側)塞以防水壓過大造成防水塞脫落，另管內有電纜時(即敷設電纜後)可設計防水圈等防水裝置。

10. 設置水位監視警示系統

由於配電變電所目前採無人化設計，並無固定值班人員，地下室如遭淹水，因無監控警示設施，以致各區域調度中心無法預先掌控處理，故應於地下室增設水位監視警示系統。水位警示高度分兩階段警示(筏基深 1/2 處及筏基頂處)。利用傳輸線路將水位警報引接至水位開關箱，且引接至控制室配電盤之警報盤上電子故障指示器，再移報信號至 RTU。除了地下室須設置外，電纜涵洞內亦應考量設水位監視警示系統。

綜合上述，變電所地下室防止淹水的策略及措施，如表二、所示。

表二、 變電所防止淹水的策略及措施

策略	措施	備註
避開	<ul style="list-style-type: none"> • 避開於高度潛能積水區或低窪地設置變電所 	
調整規劃高程	<ul style="list-style-type: none"> • 調整基地高程(整地) • 調整 1F 地板高程 • 調整地下室進排氣口突出地面的位置 	
規劃設計抽排水設施	<ul style="list-style-type: none"> • 大門設置防水板或防洪閘門 • 設置戶外排水溝、截水溝 • 開口處設置阻水堤 • 地下室筏基設置儲水槽及抽水機 • 地下室設置複壁及清潔孔 • 地下室每層樓梯出入口處設置截水溝 • 電纜涵洞過牆段設置防水處理裝置 	
水位預警監視裝置	<ul style="list-style-type: none"> • 設置水位預警監視系統 • 加強設備維護管理 	

(二)變電所基地及排水設施水理計算

有關變電所基地及排水設施水理計算，首先要決定防洪水位的高度，進而決定基地之整地高程，以及後續之排水設施水理計算。由於防洪水位的高度會影響整體工程之建造成本及施工期限，因此影響變電所基地防洪排水規劃設計施工最重要的因子，即是基地防洪水位的擇定，究係要採用多年少的再現頻率做為設計基準，這部份經與日本電力公司人員交流討論結果，日本有關變電所基地防洪水位規劃設計基準，係採個案環境及設計需求而定，一般而言採用該地區曾發生之最高洪水水位再提高一定值(數值未明定)或以低於100年再現週期最高水位做為基準；而本公司若採用100年洪水水位再加30cm做為基地防洪規劃設計基準，雖較日本電力公司的做法保守安全；惟台灣地區近幾年來因國土環境過度開發利用及全球溫室效應氣候異常等不確定因素影響下，防洪水位的擇定仍須視個案環境謹慎考量為宜。

至於其它有關之排水設施水理計算，台電過去變電所的設計暴雨再現週期依所處位置有別，平地變電所與山區變電所分別為10年與25年；惟近年來國內規範作法一般排水設施採25年再現週期，滯洪設施設採50年再現週期作為設計基準，而日本電力公司與國內目前規範作法，無太大差異。

有關基地排水設施之設計，若以坡地變電所一般而言要分析評估的項目有下列四大項

- 基地之無開發面積及有開發面積、逕流係數、集流時間、降雨頻率、降雨強度、逕流量計算。
- 排水設施之水理計算：排水溝渠流量與流向斷面尺寸及溝底坡度等。
- 沈砂設施設計
- 滯洪設施設計

以下茲將個要項分別說明如下，以供做排水設施規劃設計之參考。

1. 基地之無開發面積及有開發面積計算：

分為無開發區及有開發區面積兩大類，分別量測並計算其個別之面積。

2. 逕流係數

逕流係數 C 為一集水區之地表逕流量與其降雨量之比，其依降雨強度、降雨時間、地表敷蓋情形、地面坡度、水文地形、地貌特性、未來土地使用與都市化程度等情況，逕流係數之選用如下表：

表一、逕流係數 C 值之選擇表

集水區狀況		陡峻山地	山嶺區	丘陵地或森林地	平坦耕地	非農業使用
無開發整地區之逕流係數		0.75 ~ 0.90	0.70 ~ 0.80	0.50 ~ 0.75	0.45 ~ 0.60	0.75 ~ 0.95
有開發整地區之逕流係數	開發中	1.00	0.95	0.95	0.90	1.00
	開發後	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95

(註：本表係依水土保持技術規範規定，開發前採無開發地區之 C 值，開發中之 C 值不得低於 0.9，但有實測資料者不在此限。)

3. 集流時間：

集流時間為水流自流域最遠點至計畫地點所需時間，它包括流入時間及流經時間。

$$t = t_1 + t_2$$

式中

t : 集流時間 (sec)

- t_1 : 流入時間 (sec)，指雨水經地表面由集水區邊界至河道所需時間 (流入時間= l/v)
- t_2 : 流經時間 (sec)，指雨水流經水道由上游至下游所需時間 (流下時間= L/W)
- l : 坡面長度 (m)
- V : 坡地流速 (m/sec) 一般為 0.3~0.6m/sec
- L : 水道長度 (m)
- W : 流下速度 (m/sec)

流下時間 t_2 採用之參考公式如下：

(1).Rziha 公式：(註：國內常採此公式計算，但日本電力公司亦有若是位於平地之案例則採.kraven 公式計算)

山區小溪或小集水區域，坡度大於 5.5%之情況可的較保守值

$$t_2 = \frac{L}{W} \quad , \quad \text{而} \quad W = 20 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

式中

- t_2 : 流下時間 (sec)
- L : 集水區之最遠點至出口點之水平距離 (m)
- W : 流速 (m/sec)
- H : 集水區之最遠點至出口點之高程差 (m)

(2).kraven 公式：

$$t_2 = \frac{L}{W}$$

當 $S > 1/100$ $W=3.5$ m/sec

當 $S=1/100 \sim 1/200$ $W=3.0$ m/sec

當 $S < 1/200$ $W=2.1$ m/sec

式中

t_2 : 流下時間 (sec)

L : 集水區之最遠點至出口點之水平距離 (m)

W : 流速 (m/sec)

S : 集水區之水平坡降 (m)

4. 降雨頻率與降雨強度

有關降雨頻率與降雨強度之分析，國內一般除特別規定者外，則其排水設施採 25 年一次頻率；滯洪設施採 50 年一次頻率，採用無因次公式求得降雨強度，作為水理計算之依據，公式說明如下：

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t + B)^C}$$

$$I_{60}^{25} = \left(\frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2$$

$$A = \left(\frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2$$

$$B = 55$$

$$C = \left(\frac{P}{-381.71 + 1.45P} \right)^2$$

$$G = \left(\frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2$$

$$H = \left(\frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2$$

其中：

T : 重現期距 (年)

t : 降雨延時 (分)

I_t^T : 重現期距 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度 (mm/hr)

P : 年平均降雨量 (mm)

A 、 B 、 C 、 G 、 H : 係數

(註：有關台灣地區降雨強度之分析，可依上述水土保持技術規範規定，求得各地之降雨強度。)

5. 逕流量計算

有關逕流量分析計算是非常重要的，國內一般般採合理化公式（**Rational Formula**）計算，經與日本電力公司人員討論它們亦採合理化公式分析計算。

山坡地集水區系統之洪峰流量（逕流量）估算，若有實測資料時，其逕流量得採單位歷線分析；若無實測資料時，一般採合理化公式（**Rational Formula**）計算，惟其較適用於面積一千公頃之內者。合理化公式如下：

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA$$

Q_p : 逕流量 (m^3/sec ，簡稱 cms)

C : 逕流係數 (如表二所示)

I : 降雨強度 (mm/hr)

A : 集水區面積 (ha，公頃)

$Q_d = F_s \times Q_p$ = 設計洪水量 (m^3/sec)

F_s : 安全係數。開發後 $F_s = 1.2$

6. 排水設施之水理計算：

(1). 坡地排水系統之設計排洪量，依 25 年一次頻率之降雨強度計算。

排水系統之設計排洪量除足以宣洩設計洪水量外，並應參酌泥沙含量及漂流量酌量加大斷面（一般增加 20% 之裕度）以達安全排水之目的。

(2). 平均流速：

坡地排水之平均流速採用曼寧公式（**Manning formula**）計算，其公式如下：

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

式中

V : 平均流速 (m/sec)

n : 曼寧之溝渠粗糙係數
一般預鑄溝或砌磚溝 n=0.015

明渠漿砌卵石溝 n=0.025

明渠卵石溝 (表面水泥漿抹光) n=0.015

U 型溝 n=0.015

R=A/P : 水力半徑 (m)

A : 水流橫斷面積 (m²)

P : 濕周 (m)

S : 水力坡降 (可用溝底坡度代替)

(3).最大安全流速：

坡地排水之平均流速 V，應不小於不致引起沖蝕之最大安全流速。若超過其最大安全流速者，應於適當位置設置消能設施，以降低流速。

無常流水之排水溝，其最大安全流速可提高如下：

a. 普通混凝土 (140 kg/cm²) 或混凝土砌塊石：

採最大安全流速在 V=6.10 m/sec 以下

b. 鋼筋混凝土 (>210 kg/cm²)

採最大安全流速在 V=12.0 m/sec 以下

可依混凝土抗壓強度比例調整最大安全流速

(4).排水溝出水高之設計原則

U 型道路側溝之設計水深之 25%計算之，且不小於 20cm，一般而言，若梯型、U 型明溝其設計水深小於 1m 時，以 30cm 計算之。水深 1m (含) 以上者，以水深之 20%計算之。

7. 沈砂設施計算：

設計臨時沈砂池時，其泥砂生產量應將未挖填部份與挖填部份分

別估算。臨時性沈砂設施之泥砂量估算，依通用之土壤流失估算值之二分之一。施工中之泥砂生產量於未開挖整地部份，每公頃不得少於 25m³，開挖整地部份沈砂量以不小於每公頃 250m³ 估算。永久性沈砂池設計時，其泥砂生產量以每公頃不得少於 30m³。另於實務設計上，沈砂池設計容量應以泥砂生產量 1.5 倍計算。除此之外，永久性沈砂池設計完成之後，容量之設計是以永久性滯洪池兼沈砂池為設計，除每年定期以人工配合小型機械清除外（至少一次），每次暴雨後即以人工配合小型機械再清除；而臨時性沈砂池設計，於水土保持計畫階段，開發中需要整地之排水分區，依現場實際狀況應設置臨時沈砂池，容量之設計若以臨時性滯洪池兼沈砂池為設計，每次暴雨後即以人工配合小型機械再清除。

(1). 山坡地土壤流失量之估算，得採用通用土壤流失公式（Universal Soil Loss Equation, USLE），其公式如下：

$$A_m = R_m \times K_m \times L \times S \times C \times P$$

式中

A_m ：土壤流失量（t/ha/yr）

R_m ：降雨沖刷指數（ $M_j \cdot \text{mm/ha} \cdot \text{hr} \cdot \text{yr}$ ）

K_m ：土壤沖蝕性指數（ $t \cdot \text{ha} \cdot \text{yr/ha} \cdot M_j \cdot \text{mm}$ ）

$L = (1/22.13)^{0.5}$ ：坡長因子，

式中 l ：坡長之水平距離（m）

$S = 65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.0654$ ：坡度因子，

式中 θ ：坡度

C ：覆蓋與管理因子，裸露地 $C=1$

P ：水土保持處理因子；無任何水土保持處理或整地中 $P=1$

$V_s = A_m / 1.4$

= 每年每公頃面積之泥砂生產量（m³/ha/yr）

式中：1.40 為土壤之假比重

(2).泥砂設施之沈砂池長度

沈砂池長度可依下列公式求出：

$$L = K \left(\frac{H}{Vg} \right) V$$

式中

L : 沈砂池之長度 (m)

K : 安全係數 (1.5~2.0)

H : 沈砂池之平均水深 (1.5~2.0m)

V : 沈砂池內平均流速 (0.15~0.3m/sec)，一般採用 0.3m/sec。

Vg : 最小沈積粒徑之臨界沈降速度 (m/sec)，一般採用 0.2m/sec。

(3).沈砂設施之沈砂池設計容量

泥砂生產量應考量集水區降雨、地形、面積、地質、開發程度、覆蓋情形，予以估算。

永久性沈砂池至少每年清除一次，臨時性沈砂池應機動清除。

沈砂池容量以泥砂生產量 1.5 倍計算，且沈砂池深度一般以 1.5~3.5m 為宜。

8. 滯洪設施設計

基地開發由於部份地形、地表狀況會改變，致使逕流量較開發前為大，為降低因基地開發而增加之洪峰流量，延遲逕流之流出時間，以疏解下游渠道之負荷，故須設置滯洪池，在設計上採用 50 年頻率降雨強度作為滯洪池之依據。

(1).滯洪池設施之滯洪量水理計算如下：

滯洪池之設計有關估算滯洪量係利用入流洪峰流量、出流洪峰流量、繪製成三角單位歷線圖，以三角形同底不同高，依下列公式估算滯洪量：

$$V_{s1} = \frac{t_b(Q_2 - Q_1)}{2} \times 3600$$

$$V_{s2} = \frac{t_b'(Q_3 - Q_1)}{2} \times 3600$$

式中：

- V_{s1} : 臨時滯洪量 (m^3)
- V_{s2} : 永久滯洪量 (m^3)
- Q_1 : 開發前之洪峰流量 (cms) ; 25 年一次頻率之洪峰流量。
- Q_2 : 開發中之洪峰流量 (cms) ; 50 年一次頻率之洪峰流量。
- Q_3 : 開發後之洪峰流量 (cms) ; 50 年一次頻率之洪峰流量。
- t_b' : 基期 (hr), 基於安全考量, 設計降雨基期至少應持 1 小時以上之設計, 不足 1 小時者, 仍以 1 小時計算。

而滯洪設施之蓄洪量, 依其屬永久性或臨時性滯洪設施之不同, 分別規定如下：

$$V_{sd} = FS \times V_s$$

式中：

- V_{sd} : 滯洪設施之蓄洪量 (容量) (m^3)
- FS : 安全係數。臨時性 FS=1.5 ; 永久性 FS=1.2。
- V_s : 滯洪量 (m^3)

(2).滯洪設施之排水口設計規定：

排放口設計原則以「開發後之出流洪峰流量至少應小於入流洪峰流量之百分之八十」。

- a. 滯洪設施排水口之最大排洪量, 不得大於開發前之洪峰流量。
- b. 排水涵管之斷面依下列計算：

$$A = \frac{Q}{C\sqrt{2gH}}$$

- A : 管之斷面積 (m^2)
- H : 全水頭 (管之中心+溢流水深) (m)
- C : 涵管係數

(3).溢洪口斷面之設計規定

溢洪口斷面之大小以能充分宣洩設計洪水量為原則，一般而言為考慮土石流、流木等情事，設計斷面應加大 30~50%為宜。

a. 設計洪水量以 50 年頻率之降雨強度計算。

b. 溢洪口矩形斷面計算：

$$Q=1.767bh^{3/2}$$

b : 矩形寬度 (m)

h : 溢流水深 (m)

Q : 排洪量 (cms)

$Q=FS \times Q_p$ ， $FS=1.3$ ； Q_p :50 年一次頻率之洪峰流量。

c. 溢洪口之出水高度計算：

$$Q < 100 \text{ cms} \quad \text{====>} \quad 0.5 \text{ m}$$

$$100 \text{ cms} \leq Q \leq 200 \text{ cms} \quad \text{====>} \quad 0.6 \text{ m}$$

$$200 \text{ cms} \leq Q \leq 500 \text{ cms} \quad \text{====>} \quad 0.8 \text{ m}$$

$$Q > 500 \text{ cms} \quad \text{====>} \quad 1.0 \text{ m}$$

9. 聯外排水設施之排洪量核算

若基地位處山坡地，且基地下游之相關排水設施已興建完成，則應確認聯外排水設施之排洪量是否足夠，以避免造成洪患。

10. 坡度分析

坡度是影響開發可行性的主要因素，而坡度分析是山坡地規劃開發中之重要的評估項目之一，它關係到建築型態，配置及土地利用之分區。坡度分析若有實測地形圖者可用「坵塊法」即將基地全區劃分為 25 公尺×25 公尺之方格，計算出每一方格內之平均坡度；若無實測地形圖者可用「等高線法」分析。坵塊法坡度分析計算式如下所示：

$$S=(n\pi \Delta h)/8L \times 100$$

式中

S=坡度(方格內平均坡度)百分比

π =圓周率 3.14

Δh =等高線間距：公尺

L =方格(坵塊)邊長：公尺

n =方格內等高線與方格邊線交點總數和

全區之坡度依上述分析方法分析後，並依規定之七級分類完成基地地形坡度分級。

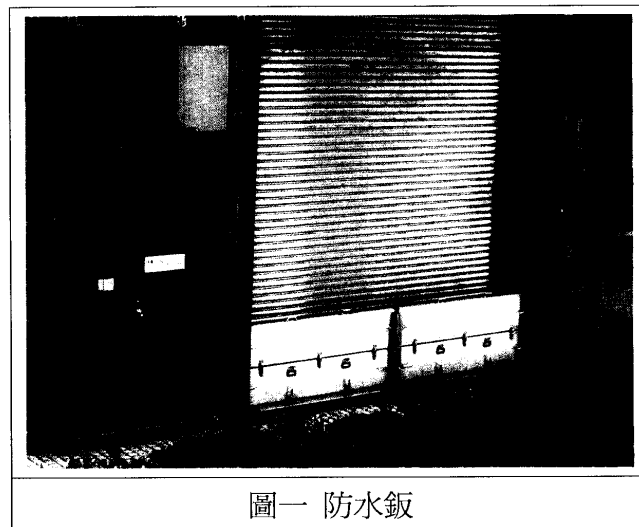
四、日本變電所防洪排水設計施工實例簡介

日本電力公司對於任何設施之規劃設計原則即為”最佳化設計”，亦即在追求安全美觀之外，要致力考慮經濟性，期以降低工程成本，在參訪東京電力及中部電力公司之變電所後，茲將其較先進的防洪排水設計實例簡介如下：

(一)地下變電所大門入口防洪閘門(或防水板)

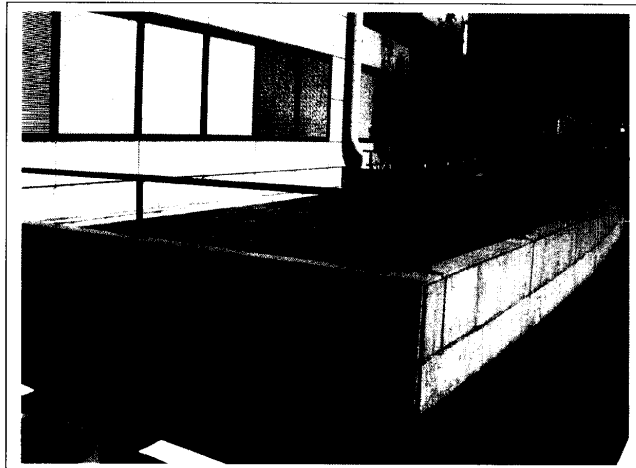
防洪閘門的型式一般有電動式及手動式兩種，電動式防洪的成本較高，操作容易，維護費用較高。

手動式防洪閘門的成本較低，相對的操作較費人力，維護費用較低，而且材質可用不銹鋼或鋁合金等不同材質，可依個案需求而定。



(二)開口處設置阻水牆

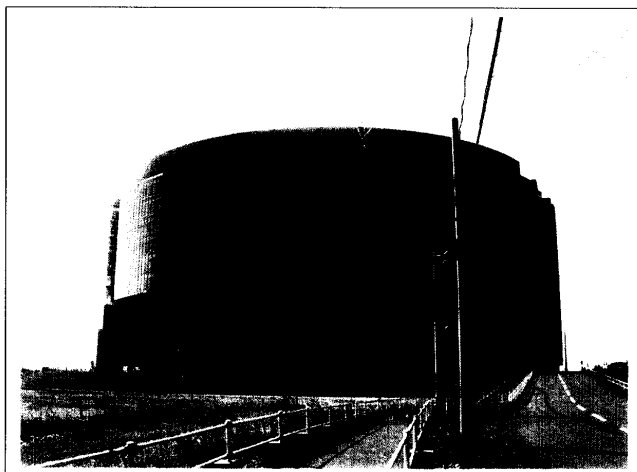
室外開口如地下變電所供機電設備安裝之吊裝孔，為防止雨水侵入須於四週設置阻水牆。有些案例之吊裝孔有再加入植生綠化。



圖二 吊裝開孔止水牆

(三)提高基地整地高程

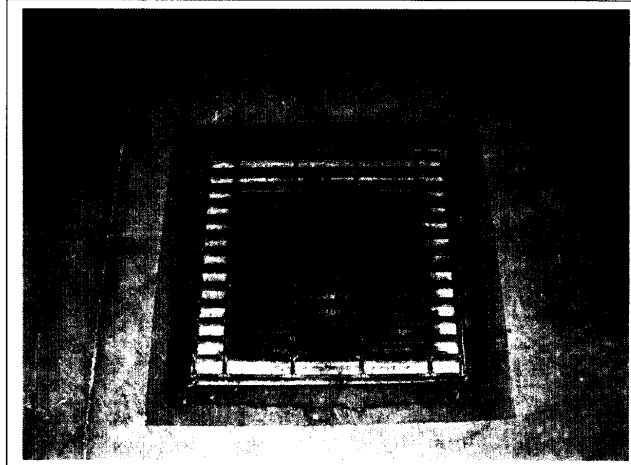
基地若位為低窪區或防洪水位高之區域，則將基地高程回填土成一整地平台，以避免淹水。圖三所示為 500kV 新豐州地下變電所，即將基地整地提高約 5m。



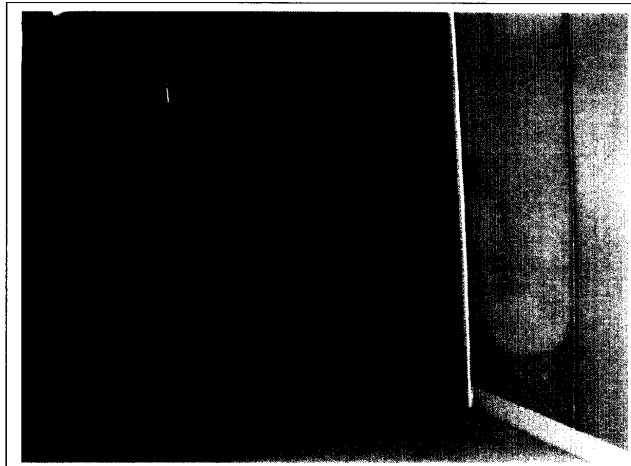
圖三 基地回填整地成一平台

(四)於樓版面設置排水孔及截水溝

為防止洪水進入樓版面後避免水四處溢流、所以於各樓層版面設置室內截水暗溝及排水孔，截水溝於各房間入口處以柵格式施設，以利清潔維護及將水流導入筏基內。



圖四 室內排水孔

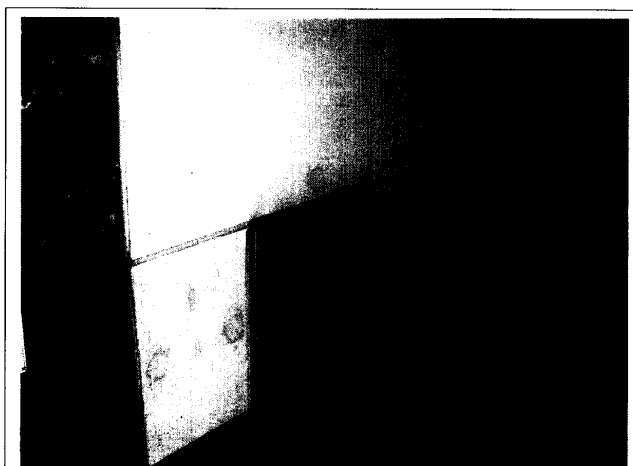


圖五 室內排水溝

(五)地下室外牆設置複壁及清潔孔(含排水孔)

為避免地下室外牆滲水無法排洩及影響壁體美觀，故於地下室外牆

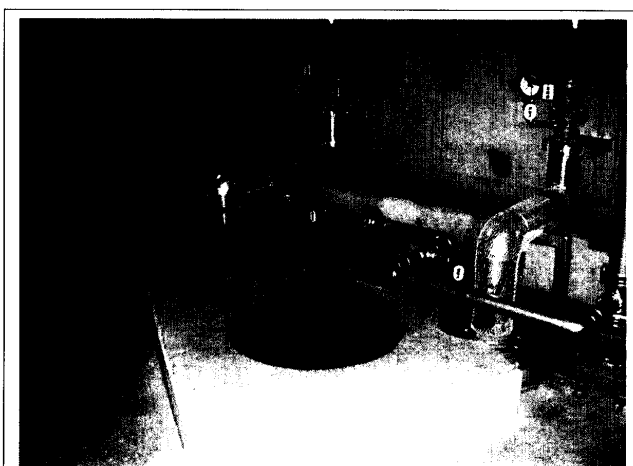
內設置複壁及清潔孔(含排水孔)



圖六 地下室外牆複壁及清潔口

(六)地下室筏基設置抽排水設備及截水邊溝

爲防止水流漫溢，於地下室外牆內側設置截水邊溝(明溝)，將滲水限制於截水邊溝內，並以地板落水頭及排水管將滲水導入筏基內，且爲排除水流，於地下室筏基設置儲水槽及抽排水泵。



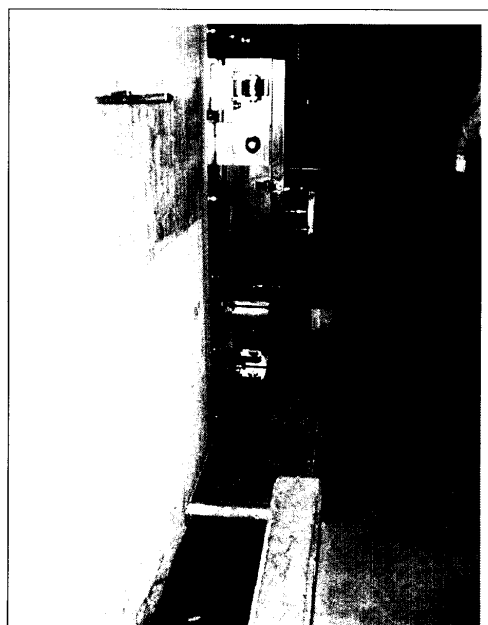
圖七 地下室截水邊溝及排水泵

(七)門扇式防洪閘門

於電纜涵洞與地下室銜接處或其他水密性要求高處，可設置門扇式防洪閘門，一般而言採不銹鋼材設計。



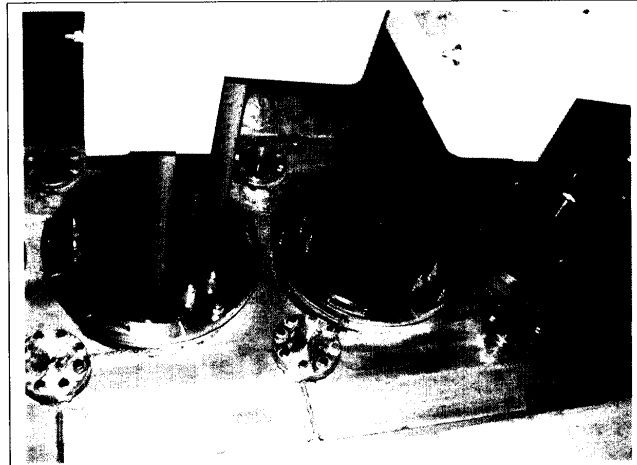
圖八 門扇式防洪閘門



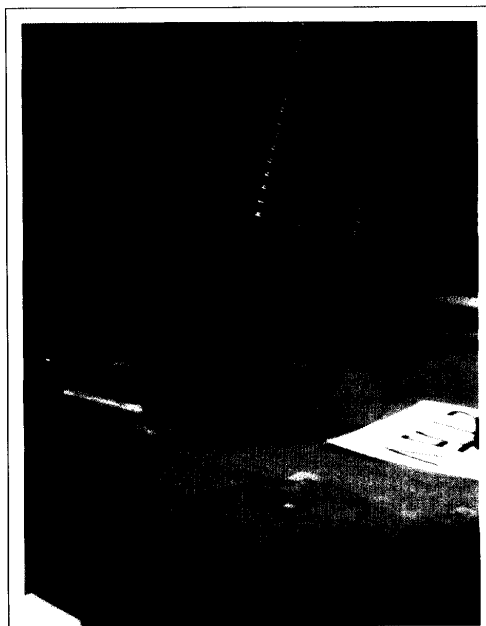
圖九 閘門側視圖

(八)電纜過牆管段防水處理

電纜涵洞過牆管段之防水處理裝置係以鋼製品設計並以鋼環片來做防水處理，未敷設電纜者亦以鋼環片方式填塞。



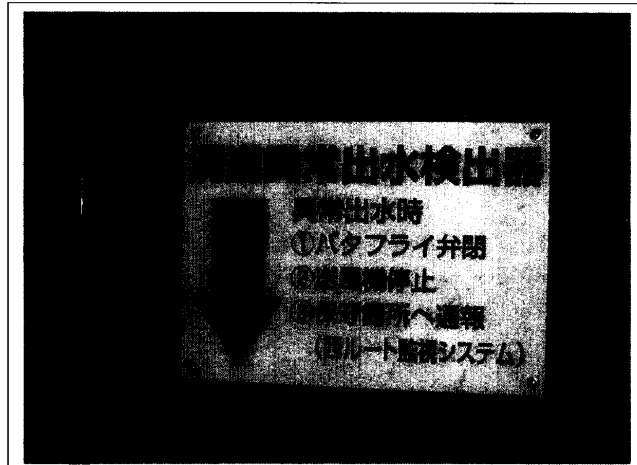
圖十 過牆管防水處理裝置



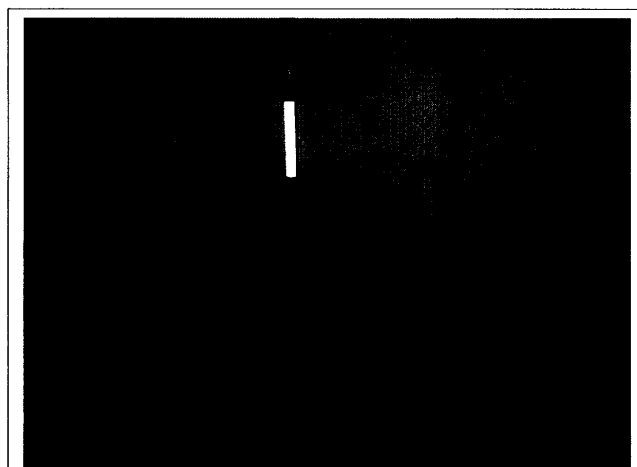
圖十一 過牆管側視圖

九、洞道設水位監裝置

爲監視洞道之位情形，避免因異常之出水而危害運作，而設置水位監視裝置。



圖十二 涵洞水位監視裝置標示板



圖十三 洞道水位監視裝置

五、結論與建議

- 1、影響變電所基地防洪排水規劃設計施工最重要的因子，即是防洪水位的擇定，究係要採用多年少的再現頻率做為設計基準，這部份日本電力公司的規劃設計基準，係採個案環境及設計需求而定，一般而言均採用該地區曾發生之最高洪水位再提高一定值(數值未明定)或以低於 100 年再現週期最高水位做為基準；而本公司若採用 100 年洪水位再加 30cm 做為基地防洪規劃設計基準，雖較日本電力公司的做法保守安全；惟台灣地區近幾年來因國土環境過度開發利用及全球溫室效應氣候異常等不確定因素影響下，防洪水位的擇定仍須視個案環境謹慎考量為宜。
- 2、變電所的防洪排水一般採工程方法(結構性方法)為之且須依個案環境擇適當的措施，日本電力公司的做法就是以整地加高地表高程、設置排水系統、大門入口設置防洪閘門、地下室設置抽排水馬達、電纜涵洞設置防水閘門、截水溝及採用鋼製穿牆管等方式為之，但上述方式等均是相關的防堵措施，若相關設備阻塞、損壞等均可能導致嚴重性的危害，因而最佳的防洪策略仍以避開積水區設置變電所才是上策。
- 3、造成變電所淹水的途徑，除了水從大門入口進入外，變電所線路地下電纜涵洞進出口處亦是最可能造成淹水的路徑，有關電纜管路的防水策略，日本公司的先進做法，除了過牆段之穿牆管以鋼製品設計施工外，並以鋼環片來做防水處理，更於入口段前設置了阻水堤、截水溝及門扇式防水閘門等措施，如此完密的防堵設施設計方式，本公司應借鏡參考其設計理念。
- 4、設置水位監視警示系統，為了確實監測水位狀況，避免因異常的出水而影響設備安全。地下室及電纜涵洞可規劃設計水位監視警示系統，日本電力公司的作法可參考借鏡。

- 5、建議大力推動多目標變電所及地下化變電所。日本電力公司之變電所採地下化或多目標興建比率相當高，民眾已相當程度接受變電所建設，所以變電所抗爭案例非常少；反觀國內變電所多目標、地下化的案例仍相當少，日本的超高壓變電所(500kv)都已朝地下化，縱使地下化的建設成本較高；惟大都會人類空間向地下拓展已是必然的趨勢，尤其是隨著營建技術的日新月異及機電設備的精進發展，興建地下化變電所不再是難題，因此建議大力推動多目標變電所及地下化變電所興建案，如此必可大大減少民眾抗爭的情事。
- 6、建議加強在職教育訓練並教育員工應有最佳化設計的理念。日本電力公司對於變電所的規劃設計理念，一切以“低成本”（經濟性）為考量，即任何的規劃設計只要能符合法規的最低需求就可，毋需追求高標準的設計，所以在其相關的變電所案例上，均可見他們致力“降低成本”的實例，例如平面空間的精實配置、機電設備的低矮化以降低樓層高度、大量採用清水模板並減少不必要的室內裝修、植生綠化的減量設計等等，這或許是日本電力公司均為私有化的特性所致，但這未嘗不是給本公司的一些啟示，本公司未來亦需邁向民營化，此時也需逐漸灌輸教育員工調整員工的心態，在規劃設計除追求美觀安全之餘，也應致力於引進創新的工法、材料及設計理念以“降低成本”尋求合理的經濟性，避免過度的浪費，因此建議於爾後的在職訓練課程上或相關重要會議上，要廣為宣導“最佳化設計”的理念，以期於未來電業民營化的環境中，具有企業競爭力。
- 7、建議變電所建置多媒體簡報系統。日本電力公司的變電所有設置簡報室且備有完善的動態宣導簡報資料(含英文版)，使參訪者於短時間內瞭解變電所的供電系統、規劃設計特點原則、土建施工過程、機電裝機過程等等整合性的資訊，故建議本公司於變電所規劃設計設置簡報室並於完工後製作完整性的宣導簡報光碟，尤其是具示範性供觀摩的變電所更應力求製作完美的多媒體簡報供參訪者(含公務參訪、一般民眾)欣賞，如此不

但可提昇工作效率且可藉此完整資訊的呈現，來行銷變電所及電力事業的重要性。

- 8、建議加強抽排水設備之維護管理工作。抽排水設備是遇洪水侵犯時，不可或缺的設備，其能否正常的運轉是重要的關鍵，因此運轉維護單位應加強抽排水設備(含排水泵、管路、預警裝置、防洪閘門、排水溝渠...等)之檢查與維護，期以遇水患時能發揮其功能性。

- 9、建議持續派員出國實習。員工專業知識技能的提昇，不僅帶給個人的成長亦是公司的資產，而將此知識技能應用於工作上，對於組織工作的推動是有裨益的。感謝上級長官給我此次出國實習的機會，能夠與日本的電力公司人員交流學習並觀摩其變電所建設，也期望類似的研習計劃，能夠持續推動，透過研習觀摩，吸取國外之技術經驗，以使公司能成爲一學習型的組織。

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：變電所防洪排水設計新技術

頁數：30 頁

出國計畫主辦機關：台灣電力公司

聯絡人：蕭志勝 電話：07-3572228

出國人員姓名：蕭志勝 服務機關：台灣電力公司南區施工處

出國人職稱：十等土木工程監 電話：07-3572228

出國類別：實習

出國日期：92年10月20日~92年10月29日 出國地區：日本

報告日期：92年12月10日

分類號/目：

關鍵詞：變電所、防洪排水

內容摘要：


由於台灣地處西太平洋颱風區，風災頻繁且颱風來襲均會帶來豪雨，其往往對人類生命財產及國家經濟建設造成巨大的破壞，近幾年更因都市人口成長快速，土地資源的過度利用開發，加上全球環境氣候異常及溫室效應之影響，颱風暴雨帶來甚多的災害。以90.9.17納莉颱風來襲為例引致北台灣嚴重的水患，台電公司汐止、南港、八堵等變電所亦遭淹水而無法正常供電，由於變電所之正常供電與否，不僅對附近居民的生活起居造成不便，更對社會資源及產業經濟影響甚鉅，因此如何防患於未然做好防洪排水設計，避免洪災水患危害到變電所的運作，已成為一個非常重要之課題。

此次出國到日本研習「變電所防洪排水設計新技術」，除拜訪東芝--三菱公司等廠家，並參訪東京電力、中部電力公司多所變電所，觀摩日本電力公司在規劃設計「地下變電所」等之防洪排水設計實務經驗，日本電力公司諸多設計施工實例及設計理念可借鏡參考，有助於本公司在防洪排水設計技術之提昇。變電所的防洪排水一般採工程方法(結構性方法)為之且須依個案環境擇適當的措施，惟最佳的防洪策略仍以避開積水區設置變電所才是上策。

此趟日本學習之旅，帶給吾人不僅是甚多土建技術面的學習收穫，同時對於管理面的觀念啟發亦是獲益匪淺，因此相信此次實習結果對個人及公司均有相當的助益。

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

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：變電所防洪排水設計新技術	
出國計畫主辦機關名稱：台灣電股份有限公司	
出國人姓名/職稱/服務單位：蕭志勝/十等土木工程監/南區施工處	
出國計畫 主辦機關 審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> (4) 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input checked="" type="checkbox"/> 8. 其他處理意見 建議事項一、如係由中土建深所研擬之接洽 具體建議事項送給中土建深參考 <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div>
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部份 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 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。

總經理

副總經理



主管處

主管



單位

主管



報告人

