

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

(裝訂線)

核能反應器廠房鋼筋混凝土包封圍阻體結構完整性
特殊訓練

服務機關：台電龍門施工處

出國人職稱：土木課核機廠構股長

姓名：張維鈞

出國地區：美國，日本

出國日期：90.04.22 ~ 90.05.20

報告日期：90.07.13

G3/CO9002005

目錄

- 一. 國外公務之內容及過程
- 二. 國外公務之心得與感想
- 三. 出國期間所遭遇之困難與特殊事項
- 四. 對本公司之具體建議

一. 國外公務之內容及過程

1.1 緣起：

核四工程中之反應器廠房依法規定義為地震一級結構。而其中之鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)屬電廠運轉之安全屏障，為確保該圍阻體有效運作，於結構體完成後尚需進行結構完整性試驗(SIT)。本公司實際擔任核四反應器廠房建廠任務人員前往設計公司實習鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV) 結構完整性試驗(SIT)技術對核四整體建廠計畫具有宏大助益。

1.2 行程及工作內容：

起始日 迄止日	國家名稱 城市名稱 機構名稱	詳細工作內容	備註
900422 900422		往程	
900423 900512	日本 東京 日本清水建設	反應器廠房鋼筋混凝土包封圍阻體結構完整性試驗技術訓練	
900513 900513		行程	
900514 900518	美國 聖荷西 U. S. GENE CO.	反應器廠房鋼筋混凝土包封圍阻體結構完整性試驗技術訓練	
900519 900520		返程	

1.3 訓練地點

1.3.1 日本

SHIMIZU CORPORATION

No. 2-3, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105-8007

1.3.2 美國

GE Co. Nuclear Energy

175 Curtner Avenue, M/C 788, San Jose, CA 95125-1088

二. 國外公務之心得與感想

2.1 ASME Sec III Div 2 CC-6000 混凝土包封圍阻體結構完整性試驗

2.1.1 CC-6100 一般要求

2.1.1.1 CC-6110 說明

本章節係為建立混凝土包封圍阻體(CC)結構完整性試驗之要求。混凝土包封圍阻體(CC)結構應預先依據規範要求測試結構的可接受性。這項測試的實行係以至少設計壓力的 1.15 倍的測試壓力來證實結構的品質和驗證新的設計的可接受性。如果壓力邊界包含乾井及濕井則結構完整性試驗應包含乾井(drywell)和濕井(wetwell)之間壓力艙的壓力差試驗。壓力差的大小至少為最大的設計壓力差的 1 倍。然而，驗證區隔界限完整性及區分圍阻體的量測並不在本章節的要求之內。有關結構試驗的要求如 CC-6300 所述。測試與使用儀器計畫應由設計者規範並由建造者履行。設計者或其授權代表應見證這項完整性試驗。測試結果和結論應敘述於竣工報告中。權責檢驗員於本試驗的義務規定於 NCA-5280 和 NCA-5290。

2.1.1.2 CC-6120 試驗和儀器計畫

2.1.1.2.1 CC-6121 範圍

試驗和使用儀器需求應在設計規範和施工規範中定義。施工規範應敘述使用儀器的類型和位置以及應用試驗壓力方式的描述。試驗計畫應於開始建造之前發行，因此；任何需於建造期間埋設於混凝土中或其他需配置的儀器有足夠時間可資利用。

2.1.1.2.1 CC-6122 測試計劃的變更

設計者於試驗完成之前隨時依照 CC6121 的要求變更試驗計劃。

2.1.1.2.3 CC-6123 氣候

設計環境條件下的限制應由設計者經由規範所指引。假如環境條件不是在設計者規範的限度之內或有可能危及測試人員，試驗應延遲舉行或者中斷。

2.1.1.3 CC-6130 Division 1 之零件, 附件, 和組件的測試

圍阻體結構完整性試驗期間依據 Division 1 設計之零件、附件和組件須按照 Division 1 之規定測試。任何 Division 1 之零件、附件和組件的測試需要提高壓力執行結構完整性試驗 (1.15x 設計壓力)。

2.1.1.4 CC-6140 預備試驗的條件

混凝土包封圍阻體(CC)需已建構完成並裝置好永久的設備出入口蓋版及氣密室門。管道和電氣的穿透管應已完成或者穿透管套筒以臨時封口移轉壓力至套筒。

2.1.1.5 CC-6150 結構的分類

2.1.1.5.1 CC-6151 原型結構

一個尚未經試驗以驗證符合新的或特殊的混凝土包封圍阻體(CC)由設計者決定為一個原型結構。

2.1.1.5.2 CC-6152 對照結構

當設計者已經由原形結構預試驗證過設計後，則另一個混凝土包封圍阻體 (CC)由設計者決定為對照結構。

2.1.1.6 CC-6160 結構反應的預測

原型結構的位移及應變應於測試開始前須先行量測。

2.1.2 CC-6200 試驗程序

2.1.2.1 CC-6210 準備試驗

在壓力試驗之前，圍阻體可接近的部份需由設計者或他的任命對象作全面性的目視檢查。如此檢查的目的是記錄諸如碎片或者不正常的混凝土裂縫，膨脹，毀壞或其他襯板的損壞和其他需要解釋之圍阻體行為的資料。

2.1.2.2 CC-6220 使用儀器

2.1.2.2.1 CC-6221 目的

使用儀器應埋設於混凝土包封圍阻體(CC)內以備位移的測量。至於原型結構則包含應變之量測。

2.1.2.2.2 CC-6222 壓力

使用於壓力試驗中的壓力計應直接連接到圍阻體的內部環境並測量內外環境的壓力差。

2.1.2.2.2.1 CC-6222.1 壓力計量測範圍

試驗中的壓力計量測範圍至多為四倍的試驗壓力。

2.1.2.2.2.2 CC-6222.2 壓力計之校正

壓力計應於每一次試驗之前及之後經由一個笨重測試或一個壓力校測儀來校正。

2.1.2.2.3 CC-6222.3 精度

壓力計的精度為測試壓力的 $\pm 2\%$ 之內。

2.1.2.2.3 CC-6223 變位

變位測量的使用儀器應直接裝設於圍阻體上。假如測量儀器裝設於襯板之上，則其位置應由設計者指示。考慮項目應包含襯板與混凝土可能的剝離現象。裝置聯結方式有二：一者為連結圍阻體的兩個點；一者為由圍阻體之一點連結到圍阻體之內或之外參考結構上的一點。

2.1.2.2.3.1 CC-6223.1 量測儀器的精度

變位轉換器的規格應能提供最大預測變位之 $\pm 5\%$ 及 0.01in 之中兩值取大者之精度。

2.1.2.2.4 CC-6224 應變

應變測量的裝置應採用適當的材料以測量應變。

2.1.2.2.4.1 CC-6224.1 應變量測裝置的精度

應變量測裝置應能提供最大預測結構應變之 $\pm 5\%$ 及 $10\mu\text{in/in}$ 之中兩值取大者之精度。為測量混凝土內部應變或者測量混凝土表面的應變之應變計最小長度為 $4\text{in}(102\text{mm})$ 。

2.1.2.2.5 CC-6225 裂縫量測

指定區域的裂縫寬度應以光學測定儀或測微儀量測。至於裂縫的長度量測則由線規量測或由繪製於量測區域上的格線來估計。量測裂縫的裝置應有最小寬度 0.005in 及最小識別距離 0.003in 的精度。

2.1.2.2.6 CC-6226 溫度

混凝土的溫度測量係以連結於應變計上之熱電偶或電阻元件來量測。標準的溫度測定裝置通常使用於測量混凝土包封圍阻體(CC)內外之空氣溫度。溫度測量裝置需有 $\pm 2^\circ\text{F}$ 的精度和一個能充分量測預期溫度梯度的溫度量測範圍。溫度測量裝置係埋設於混凝土中，並被設計於混凝土中能長期的操作。

2.1.2.3 CC-6230 使用儀器的預試

在正式試驗開始之前，全部儀器的輸出資料應加以記錄。顯示極其漂浮或不穩定的讀數應加以更正，如有可能的話加以註記。所有發生故障的使用儀器應告知設計者並由其評估。

2.1.2.3.1 CC-6231 測試期間使用儀器的故障

於測試期間使用儀器發生不穩定或不動作的情形時應報告設計者。假如設計者決定這位置是必要的，替代的使用儀器應在測試進行前安裝。

2.1.3 CC-6300 結構的測試需求

2.1.3.1 CC-6310 說明

本章節介紹結構完整性試驗期間圍阻體加壓，結構反應的量測，和資料收集的需求。這些需求適用於下述定義的圍阻體結構。假如圍阻體結構不能被履行這些需求，設計者應定義替代需求。

- (a) 圓柱圓頂圍阻體係包括一個支撐在鋼筋混凝土禱基上獨立的圓柱體，其上由一個混凝土圓頂所封閉。這圓柱牆和圓頂可能是傳統的鋼筋混凝土或預力混凝土。圓柱圓頂圍阻體可適用於壓水式反應爐(PWR)或由禱基及乾井結構所支稱的沸水式反應爐(BWR)。
- (b) 圓柱型圍阻體係包括由一個鋼筋混凝土禱基所支稱之混凝土圓柱體及其混凝土圓錐體頂端。這圓錐體和圓柱體是由隔板所分開的乾井(drywell)與濕井(wetwell)所構成，這圓錐體和圓柱體亦可能是傳統的鋼筋混凝土或預力混凝土。
- (c) 組合型圍阻體係由鋼筋水泥結構及鋼構複合而成。複合方式可由混凝土結構於禱基及圓柱牆交界處接合或圓頂及圓柱牆交界處接合或其他任何位置接合。
- (d) 其他圍阻體則包含那些以垂直的和水平的(包括彎曲或者圓頂)壓力界限來配置且未於上述所定義之結構。

2.1.3.2 CC-6320 加壓

圍阻體應接受一個從大氣壓力增加到測試壓力並至少持續一小時以上結構完整性試驗。如果乾井(drywell)與濕井(wetwell)之間有壓力差試驗時，於"加壓計劃"中應包含這項壓力差試驗的試驗程序。以下的測試需求是依據使用大氣來試驗。

2.1.3.2.1 CC-6321 速率

混凝土包封圍阻體結構(CC)被加壓和解壓的速率不能超過每小時 20%的測試壓力。

2.1.3.3 CC-6330 溫度

任何屬於 Division 1 的組件，零件，或附件，於加壓測試中，其內部的溫度應予以控制。假如需要作為應變和變位修正需要，基準溫度應被測量。

2.1.3.4 CC-6340 資料需求

應變，變位，溫度，和壓力被記錄的時機分別在開始加壓之前，到達最大測試壓力之時，到達最大測試壓力之後 1 小時，和解壓完成的時候。另外，最少五套的讀取設備以監測圍阻體於加壓和解壓期間的結構行為。

2.1.3.5 CC-6350 表面裂縫

寬度超過 0.01in(0.25mm)和長度超過 6in(150mm)的裂縫形式將被繪在指定位置，繪製時機為：測試之前，最大壓力時，和試驗之後。繪製的位置應包含預期有高表面張力區域並應由設計者所指定。每個位置至少應繪製 40sqft(3.7m²)的區域。

2.1.3.6 CC-6360 變位量測

在試驗期間設計者應評估試驗記錄，以確保試驗能安全地進行。

2.1.3.6.1 CC-6362 圓柱圓錐圍阻體

定義在 cc6310 中的混凝土包封圍阻體結構(CC)，其變位的量測需符合以下條款：

- (a) 軸向變位量測位置分別為圓柱體的中間位置，圓錐體的中間位置及頂端以及如果乾井版並非與圓柱體牆一體建造時需以最少四個大致以象限量測圓柱及圓錐接合處。量測需垂直於圍阻體中心線或參考中心線來修正量測位置。
- (b) 圍阻體牆的軸向變位鄰近最大開口處，最少量測三個同心圓四個象限的 12 點。最內側同心圓的直徑應大到足夠可於混凝土上來量測而非在僅在鋼袖上量測，中間同心圓直徑為開口的大約 1.75 倍，最外側的同心圓直徑為開口的大約 2.5 倍。開口直徑變化需量測水平的和垂直的變位。假如其他開口依設計者決定需要進一步結構上的驗證，變位測量需如這最大的開口相同程序來施作。
- (c) 圓錐體的頂端及褥基與圍阻體牆交界之間的垂直位移應以四個大致以象限量測。

2.1.3.7 CC-6370 應變量測

原型結構的圍阻體需施作應變量測。應變量測儀器須架設於能驗證原形結構及圍阻體鄰近結構之結構行為的位置。在下列圍阻體之區域，設計者在選擇應變量測位置時需給予特別的指示：

- (a) 牆與版交接處；
- (b) 混凝土結構的最大開口處附近；
- (c) 在曲率, 斜面, 或者殼的厚度主要不連續處
- (d) 垂直或水平受約束的區域；
- (e) 鋼構及混凝土結構轉換區域。

這些對原型結構有結構影響的區域應量測應變。

2.1.3.7.1 CC-6371 基準量測

在試驗之前應變計及其相關之熱偶計必須量測至少 24 小時周期的量測，以評估在溫度變化下應變計的差異範圍。

2.1.3.8 CC-6380 溫度量測

當量測應變時，位於施工規範上所規定之量測位置亦需量測溫度以為應變量側建立代表性溫度。溫度量測係作為修正應變量測值受溫度效應之影響。

2.1.3.9 CC-6390 試驗後檢驗

解壓後 1 星期之內需做試驗後檢驗。依據 cc6210 要求的重行試驗後也應實行相同的檢驗。

2.1.4 CC-6400 試驗結果的評估

2.1.4.1 CC-6410 驗收準則

混凝土包封圍阻體結構(CC)如果符合以下條件，則視為結構完整性試驗是完成的。

- (a)從裂縫寬度，應變，變位資料分析，鋼筋尚未降伏。
- (b)無論鋼襯版或混凝土結構經試驗後沒有目視永久損壞。不能經由應變或變位等試驗資料驗證的可能不合格處須於試驗後檢驗特別留意試驗。如果有特殊現象偵測出來，必需由設計者所檢討並由所有者所接受。
- (c)預期最大的軸向和垂直變位的殘餘變位在解壓完成及 24hr 後不超過以下規定：
 - (1) 鋼筋混凝土或部分預力鋼筋混凝土：最大試驗壓力之測量或預期變位值取大者之 30% 加上 0.01in(0.25mm)加上測量誤差值。
 - (2) 預力混凝土或部分預力混凝土：最大試驗壓力之測量或預期變位值取大者之 20%加上 0.01in(0.25mm)加上測量誤差值。上述標準同樣適用於相同高程上的軸向變位。
- (d)在最大預測軸向及垂直向變位時壓力點的量測值不超過預測值 130%。上述標準同樣適用於相同高程上的軸向變位。假如預力結構的殘餘變位在 24hr 之內不大於 10%或鋼筋混凝土結構的殘餘變位在 24hr 之內不大於 20%者，則以上要求可忽略。

2.1.4.2 CC-6420 表面裂縫

表面裂縫資料應由設計者所審查以評估全部的測試結果。

2.1.4.3 CC-6430 重行試驗

如果測試結果不符合 CC-6410 之要求，則需由設計者作進一步的研究。考慮的因素包含潛變和溫度改變的可能影響，測量品質或可能預測值錯誤等。假如經過研究後仍未完全符合 CC6410 之要求，補救措施或試驗需重行施作。假如試驗後圍阻體顯現重大結構上改變或顯著的損壞需要修理，結構完整性試驗在改正行動完成後施作。增加的設備需先提出以檢討修補後的結構是否有足夠的結構能力。修補區域的齡期和成份受到乾縮及潛變的影響需特別注意。

2.1.4.4 CC-6440 應變

應變量測資料應由設計者所審查以評估全部的測試結果。

2.1.5 CC-6500 資料分析和報告準備

2.1.5.1 CC-6510 試驗資料的結論

試驗的結果應被供給和由設計者所檢驗。應變與變位在測量與預測值之間的差異應經由設計的審查，量測誤差的評估，材料變異性，以及圍阻體的重行試驗來解析其完整性。

2.1.5.2 CC-6520 試驗資料的呈現

試驗資料應收錄於最終測試報告中，以呈現預測值和測量值的比較。

2.1.5.3 CC-6530 最低的報告要求

最終測試報告應包含以下的資訊：

- (a) 試驗方法和使用儀器的描述；
- (b) 應變與變位預測值(包括誤差)與測量值的比較；
- (c) 裂縫量測的摘要和討論；
- (d) 測量精度的評估；
- (e) 任何偏差的評估(例如：超過容許限度的測試結果)，偏差的處置，以及修正測量的必要措施。

2.2 柏崎刈羽核能電廠第六部機組鋼筋混凝土包封圍阻體結構完整性試驗

2.2.1. 前言：

柏崎刈羽核能電廠第六部機組是世界上第一部進步型沸水式 (ABWR) 核能機組，它也是日本第一部具體呈現之鋼筋混凝土包封圍阻體 (RCCV) 之核能機組。1995 年 10 月一項結構完整性試驗 (SIT) 在此鋼筋混凝土包封圍阻體上執行以驗證當內部施加相當壓力下，此鋼筋混凝土包封圍阻體仍可保持結構之完整，相關的量測計畫及其結果之評估依據 ASME Section III Part I 之測試計畫與測試結果之敘述以及 Part II 之測試結果評估之規定辦理。

2.2.2. 柏崎刈羽核能電廠第六部機組鋼筋混凝土圍阻體之概述：

柏崎刈羽核能電廠第六部機組之外形如附圖 2.2.1。其中鋼筋混凝土包封阻體是由頂版 (版厚 2.2m) (Top Slab)，鋼筋混凝土圓柱牆 (內徑 29M，牆厚 2m) (cylindrical Shell)，溼基混凝土 (版厚 5.5m) (base mat)，整個鋼筋混凝土圓柱體被隔板 (diaphragm floor) 給分成兩個部份，一個是地面層以上的乾井 (dry well) 部份及地面層以下的壓力艙部份 (Suppression-chamber, S/C)。所有鋼筋混凝土包封圍阻體的內部表面均襯有鋼襯板以確保防漏的緊密性。最大的設計測試壓力是 0.310 N/mm^2 (3.16 Kgf/cm^2)。

2.2.3. 試驗計畫

2.2.3.1 試驗程序

本項結構完整性試驗於 1995 年 10 月施行，根據如圖 2.2.2 之試驗壓力歷程來實施。內壓首先逐步增加到 0.362 N/mm^2 (3.69 Kgf/cm^2)，然後逐步減小到 0.183 N/mm^2 (1.87 Kgf/cm^2)，然後於壓力艙 (S/C) 部份壓力立即減小到零，但同時於乾井部份仍保持 0.183 N/mm^2 之內壓，最後乾井之內壓才解除，本項試驗使用氮氣來完成。在其間，所有監測儀器都在完整性試驗執行前一日完成基準 (baseline) 量測，以記錄這些儀器於無內壓力狀態下之日變化情形。

2.2.3.2 量測方法

結構完整性試驗的量測項目如下

a. 混凝土表面裂縫的檢視：

鋼筋混凝土包封圍阻體的目視檢查是根據內壓增加來引導。有 9 個區域因預測內壓力較大而被選為觀察的對象，這些位置包含圍阻體牆面預期最大變位處，乾井通道，頂版及相關其他圍繞開口的位置等。裂縫檢查的時機有四個：加壓之前，壓力在 0.196 N/mm^2 (2.00 Kgf/cm^2)，最大壓力時以及解壓以後，超過 0.25mm 之裂縫必須加入記錄。

b.變位

如圖 2.2.3 總共有 85 個點須作變位量的觀測。軸向變位共量測 0° ， 90° ， 180° 及 270° 等四個方向分三個高度量測。垂直方向位移量則於每一層版量測如圖 2.2.4，共有三種量測方法被採用。最主要用於軸向及垂直方向位移的裝置係由一 super invar，絃，滾輪、砝碼及感應器所組成，至於反應器遮蔽牆 (RSW) 與頂版之間位移直接由感應器量測，至於較狹窄部位之位移則由一組包含彈簧及應變計之測微儀來量測。為了檢查褥基混凝土之傾斜情形，兩個傾斜儀裝置於褥基混凝土之上。上述的裝置在結構完整性試驗之前預先做了幾次測試後加以改良完成，最後如圖 2.2.5，這些裝置之測量值正確性可以提昇到最大 8mm 的位移只有 0.05mm 的誤差，觀測記錄實施時機為在施壓力前，最大壓力時，最大壓力之後 1 小時以及解壓之後，各階段之加壓及解壓之時，同時，自動觀測需實施 30 分鐘之間隔。

c.鋼筋應變計

應變的量測乃藉由如 2.2.6 所示之鋼筋應變計量測。其中的熱偶計亦被使用於溫度計及應變感知器。這些裝置於鋼筋混凝土包封圍阻體內的鋼筋應變計在結構體施工時即已裝置完成。這些應變計的埋設位置係相對應於位移測量點之內外鋼筋上。全部之鋼筋應變計共 276 支，鋼筋應變計量測的時間與位移量之量測時間相同。

d.溫度

大氣溫度分別在乾井 (D/W)，壓力艙 (S/C)，反應器廠房之內部及外側等地點量測。混凝土內溫度同時由鋼筋應變計中的溫度計量測。

e.其他

在結構完整性試驗 (SIT) 之後，鋼筋混凝土包封容器中之主要部位立即以混凝土鑽心試驗鑽取試體壓試以供評估試驗結果。這些試體為圓柱體 (高 200mm，半徑 100mm)。由試體試驗結果顯示鋼筋混凝土包封圍阻體之平均強度為 54.5MPa，而此項數據符合設計要求，鋼筋的物性及化性亦於組立前經過試驗，所有試驗結果亦均符合設計要求。

2.2.4.試驗結果

2.2.4.1 基準量測

所有儀器於結構完整性試驗前，須持續一日在無壓力條件下完成基準 (baseline) 量測。圖 2.2.7 顯示由基礎量測所得儀器變異，這兩個量測點是結構完整性試驗中變位最大的乾井 (D/W) 及壓力艙 (S/L) 位置，由基準量測可觀察出於無壓力狀態下各儀器的變異性非常的小。

2.2.4.2 溫度

圖 2.2.8 顯示鋼筋混凝土包封圍阻體內部溫度的變化曲線，變化範圍於最大壓力時大約是 3°C ；圖 2.2.9 顯示圍阻體牆內溫度的變化曲線，變化範圍於最大壓力時大約是 1°C 。因之，可以說結構完整性試驗並未受溫度變化所影響。

2.2.4.3 混凝土表面裂縫檢視

在結構完整性試驗之前，已有幾道細縫被觀察到，然而在結構完整性試驗期間並未有裂縫寬度超過 0.25mm。

2.2.4.4 位移

最大的垂直位移量發生於頂版開口周圍，圖 2.2.10 顯示內壓與反應器遮蔽牆與頂版之間垂直位移之關係圖，在最大壓力下所有方向上的最大位移量是 3.6mm 到 4.1mm，同時，在水平方向之最大位移發生在壓力艙 (S/C) 的中間位置，圖 2.2.11 顯示壓力艙中間軸向方向壓力與位移之關係圖，在最大壓力下所有方向的最大位移是 0.7~0.9mm。前述圖表顯示當壓力在 0.183 N/mm^2 (1.87 Kgf/cm^2) 時有突然增加的水平變位，此現象係因壓力艙 (S/C) 的壓力較乾井 (S/C) 先行開始減壓所致。如圖 2.2.10 所示，殘餘變位為 0.5mm。約為最大變位的 12~13%，此項數字亦滿足 ASME Sec III 之要求 (殘留變位不得超過測量值之 30% 與預測最大變位值之大者加上 0.25mm 加上測量誤差)，圖 2.2.10 亦顯示每個方向上結構行為皆是具對稱性的。然而圖 2.2.11 所顯示的壓力向含軸向殘留變位非常的小。而且結構行為在每個方向上幾乎是彈性範圍以及對稱性。圖 2.2.12 顯示壓力與變位置關係圖，此圖是由裝置於禱基上之傾斜儀所計算而得。圖 2.2.12 上最大的平均變位為 0.4mm，相對於 0.4mm 的傾斜弧度為 5.7×10^{-3} radians，這顯示禱基具有彈性之特徵及在 90° 及 270° 這個方向上有對稱性。總的結果顯示，鋼筋混凝土包封圍阻體在 $0-180^\circ$ 及 $90^\circ-270^\circ$ 兩軸上具有對稱性，同時，其他的關係圖也與圖 2.2.11 類似顯示出結構具彈性行為，根據 ASME Sec III 上規定接受的要求，可以說 KC 的鋼筋混凝土包封圍阻體的構造是可被接受的。

2.2.4.5 應變

最大的應變發生在壓力艙 (S/C) 中間高程的部份，圖 2.2.13 顯示環繞壓力艙 (S/C) 中間高程各方向壓力與鋼筋應變計之關係圖，根據這些作為鋼筋應變計的鋼筋之前所作試驗來看，降伏應變是 1920×10^{-6} (SD345-D19) 及 2420×10^{-6} (SD390-D19) 如圖 2.2.13 所示測量的應變值範圍從 -100×10^{-6} 到大約 -150×10^{-6} 。這項數值低於降伏應變。此外，其他的應變關係圖也與圖 2.2.13 相類似。因此鋼筋應變計的應變乃較降伏應變為小，精準的說，鋼筋混凝土包封圍阻體裡鋼筋的應變與鋼筋應變計之應變不完全相同。然而考慮所有裂縫寬度、變位、應變等試驗數據，可預料鋼筋混凝土包封圍阻體內之鋼筋尚未降伏。

2.2.5. 結論

此項 K6 廠之結構完整性試驗結果可總結如下：

1. 沒有超過 0.25mm 寬度的裂縫被發現。
2. 根據全部的變位及應變數據，鋼筋混凝土包封圍阻體在測試壓力下幾乎是彈性的。另根據變位及傾斜儀之數據，鋼筋混凝土包封圍阻體具有 $0-180^\circ$ ， $90-270^\circ$ 兩個方向之結構行為對稱性。
3. 考慮所有裂縫，應變，變位的數據，可預期鋼筋混凝土包封圍阻體之鋼筋尚未降伏。總結來說，依據 ASME Section III 規定 K6 的鋼筋混凝土包封圍阻體是證明可接受的。因此，可肯定的說，K6 的鋼筋混凝土包封圍阻體具有足夠的結構完整性以接受測試壓力的考驗。

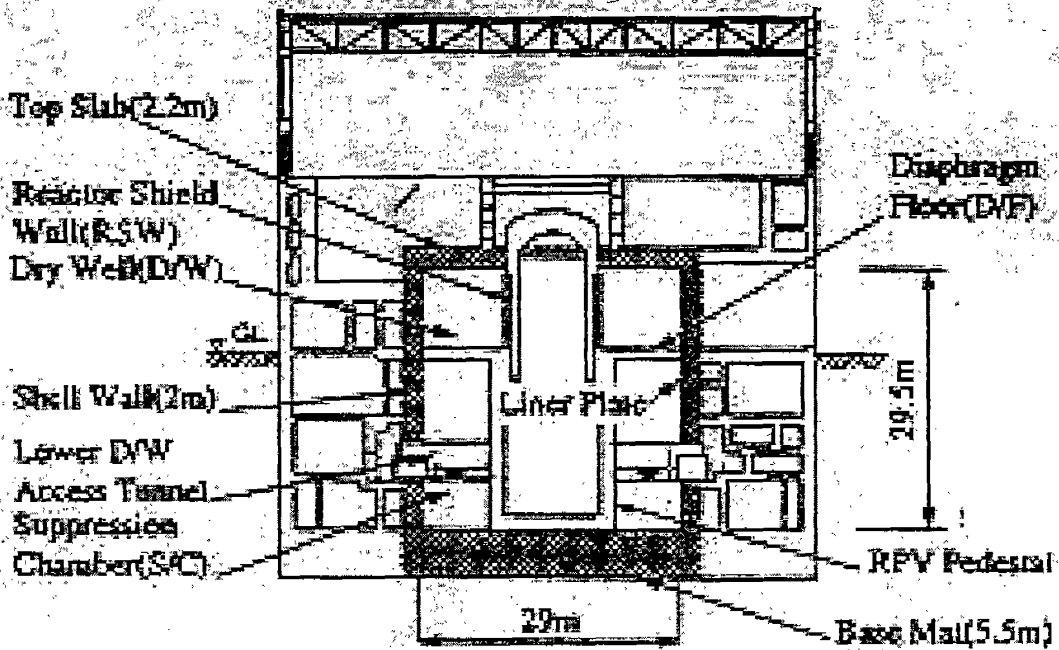


Fig.1 Configuration of the RCCV

圖 2.2.1 鋼筋混凝土包封圍阻體構造圖

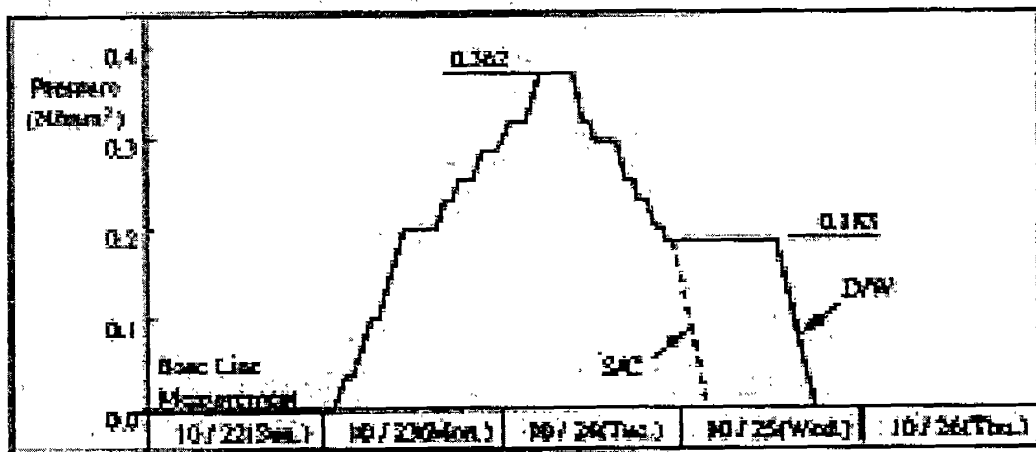


Fig.2 Pressure history

圖 2.2.2 加壓歷程圖

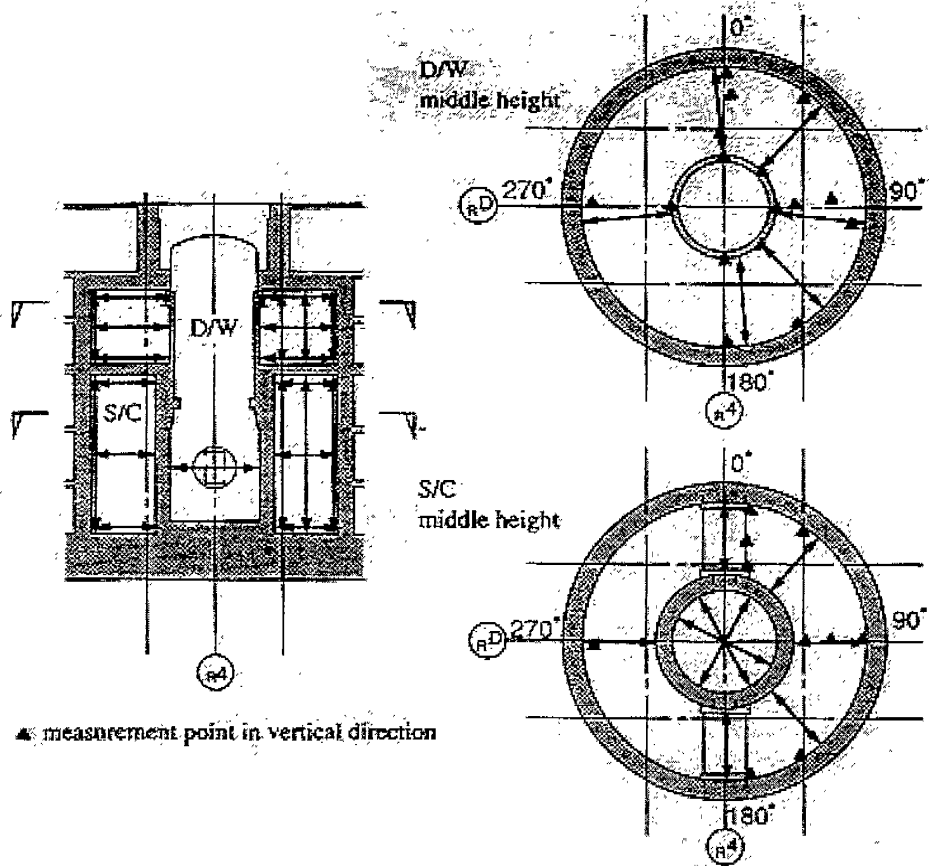


Fig. 3 Measurement points for displacement

圖 2.2.3 變位置測點

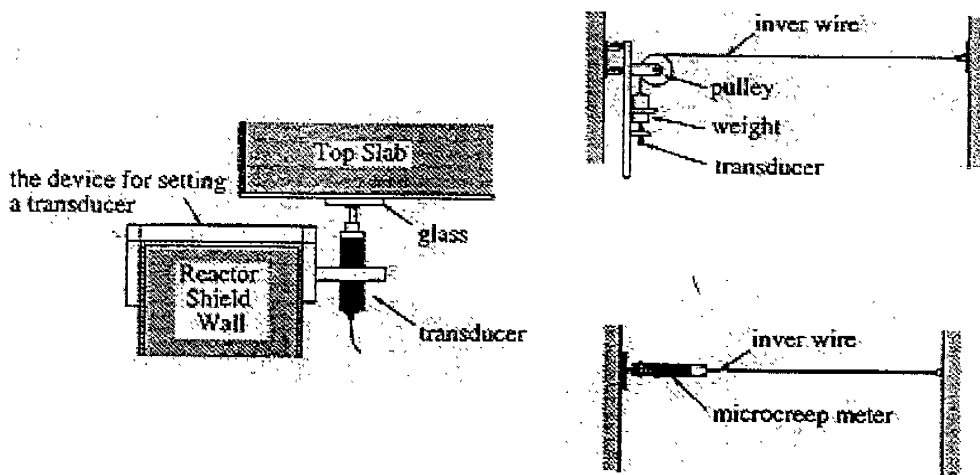


Fig. 4 Measurement method for displacement

圖 2.2.4 變位置測方式

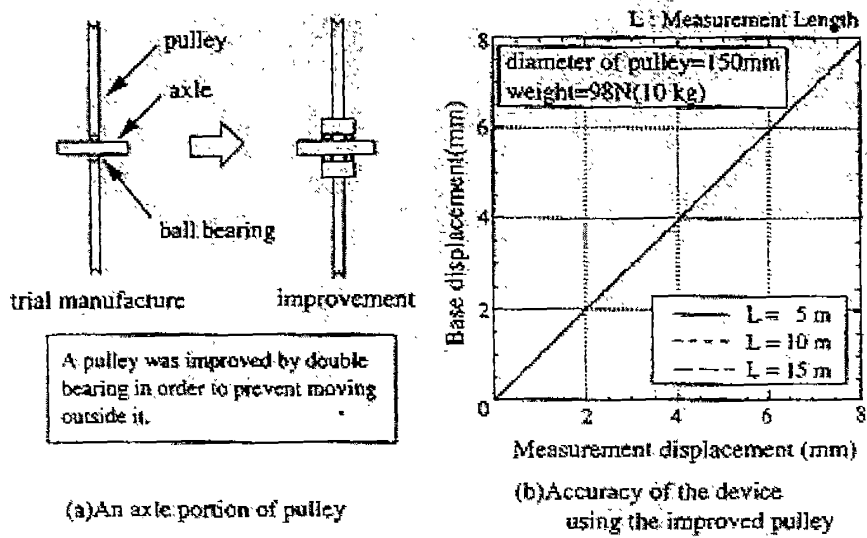


Fig.5: Improvement of the pulley

圖 2.2.5 滑輪裝置的改進

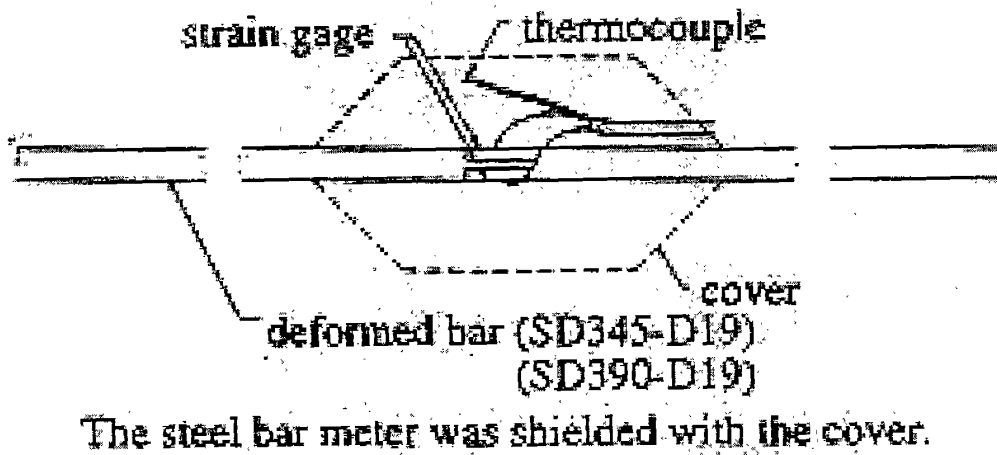


Fig.6 "Steel bar meter"

圖 2.2.6 鋼筋計

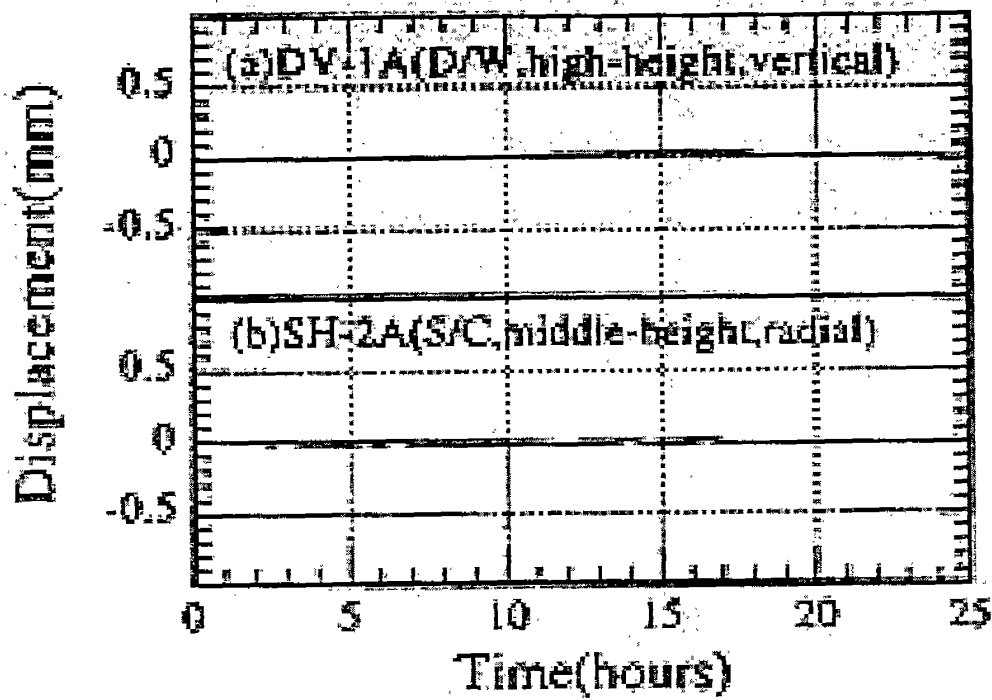


Fig.7 Results of base line measurement

圖 2.2.7 基準量測的結果

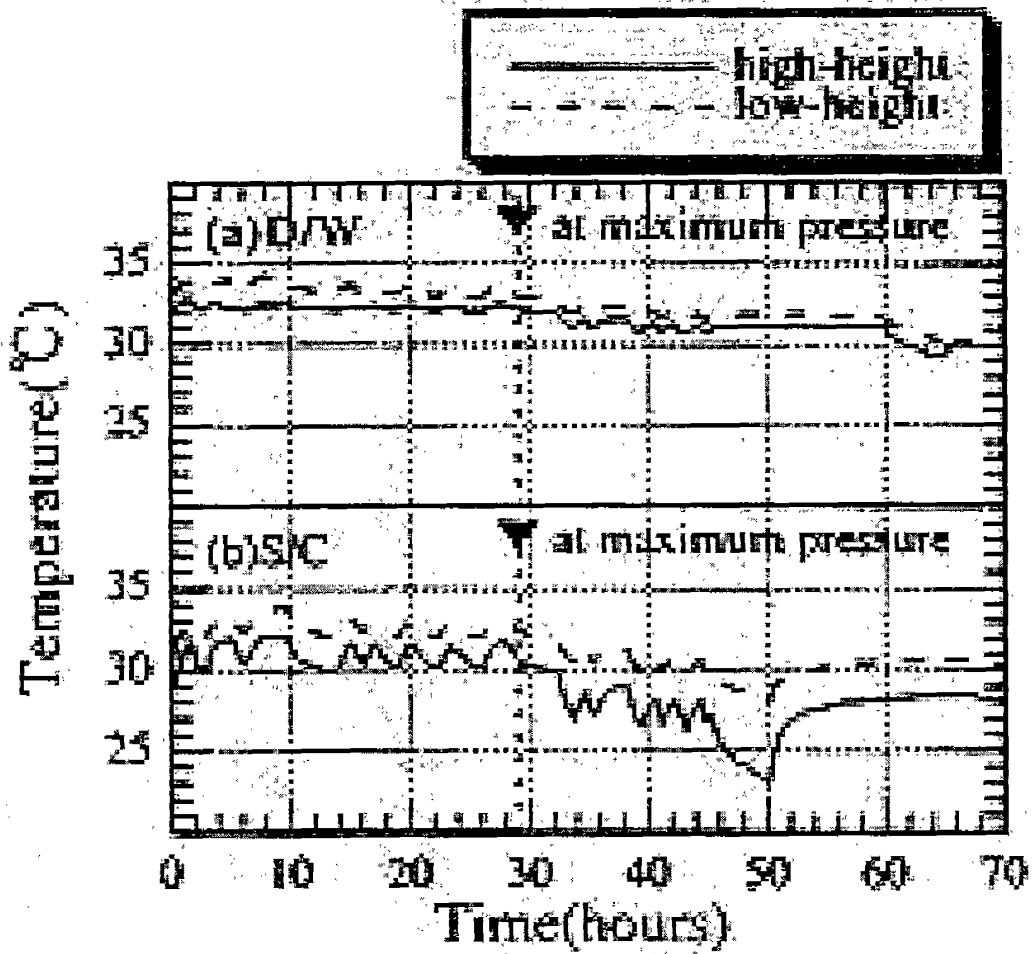


Fig.8 Air temperature variation

圖 2.2.8 大氣溫度的差異圖

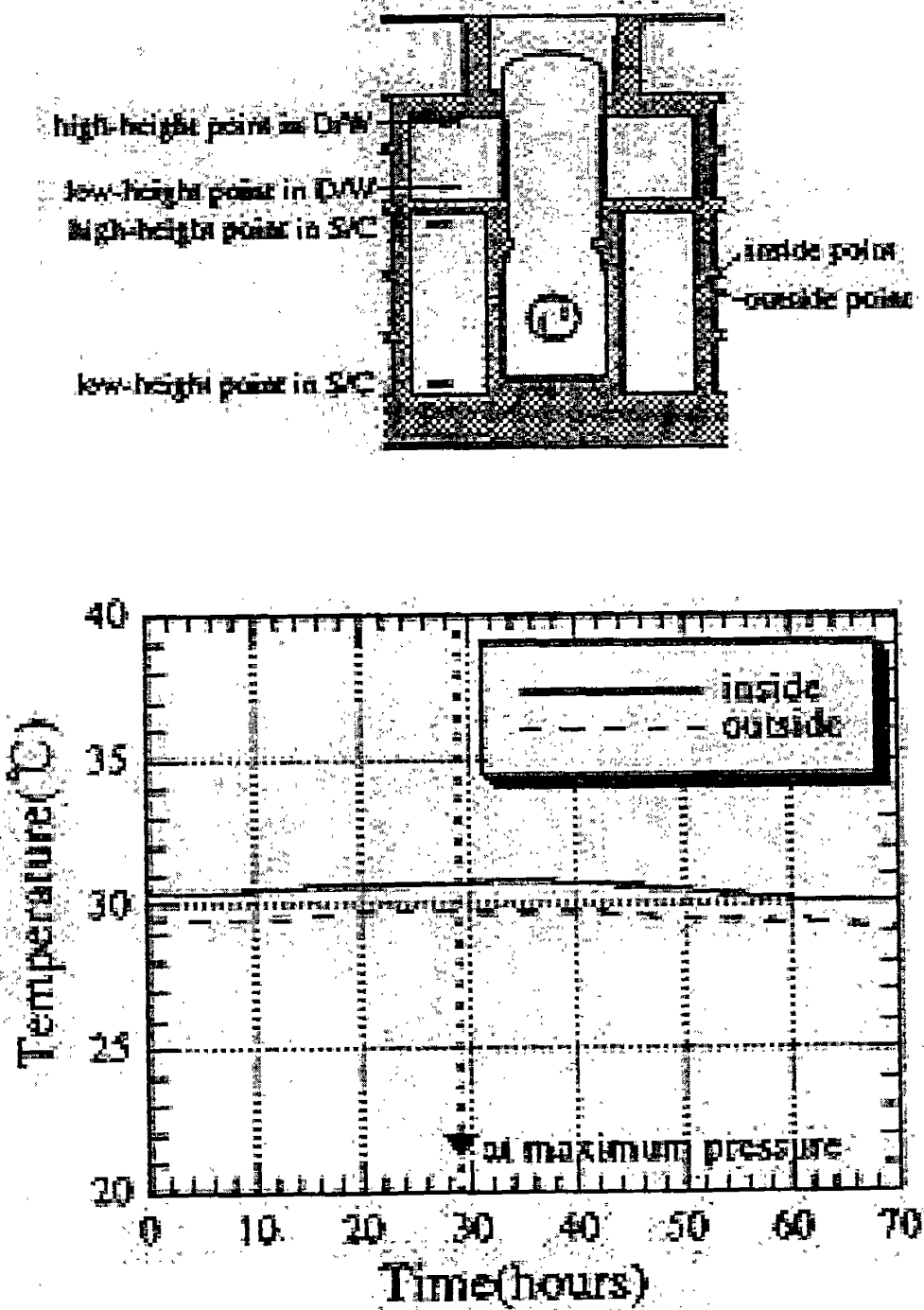


Fig.9 Temperature variation of the internal shell wall

圖 2.2.9 混凝土內牆溫度差異圖

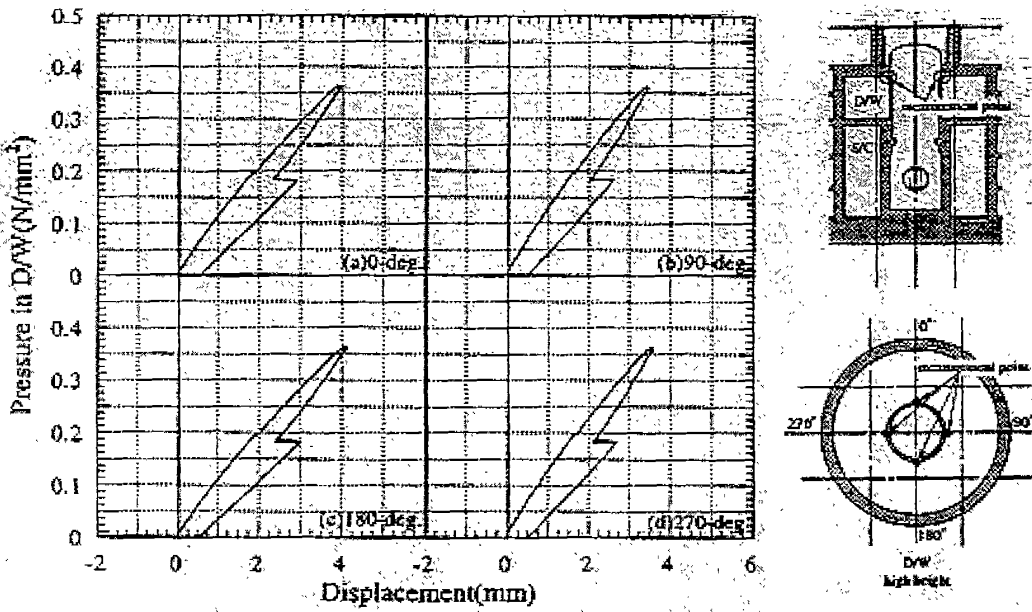


Fig.10 Displacement Behavior of vertical direction at the Top Slab

圖 2.2.10 頂版垂直變位行為圖

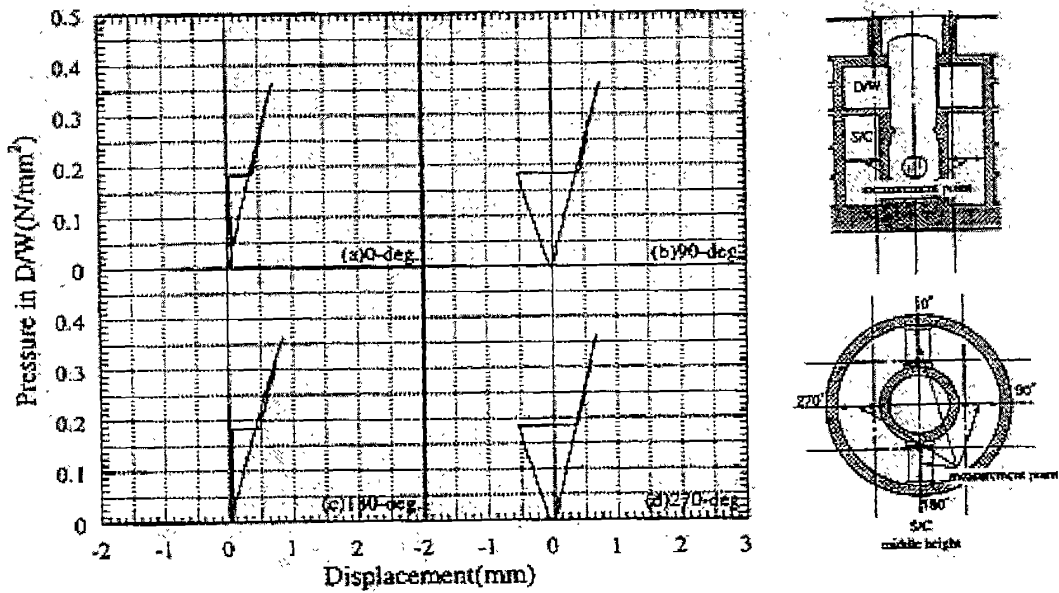


Fig.11. Displacement behavior in radial direction at the S/C

圖 2.2.11 壓力艙軸向變位行為圖

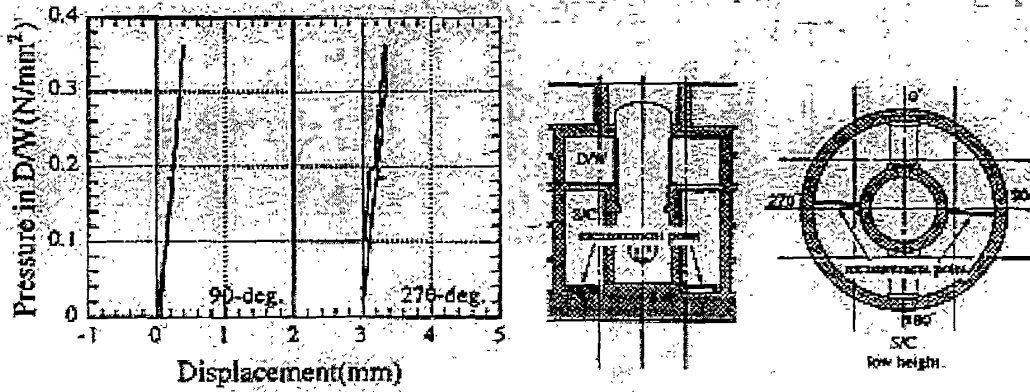


Fig.12 Inclination displacement behavior on the base mat

圖 2.2.12 褥基傾斜變位行為圖

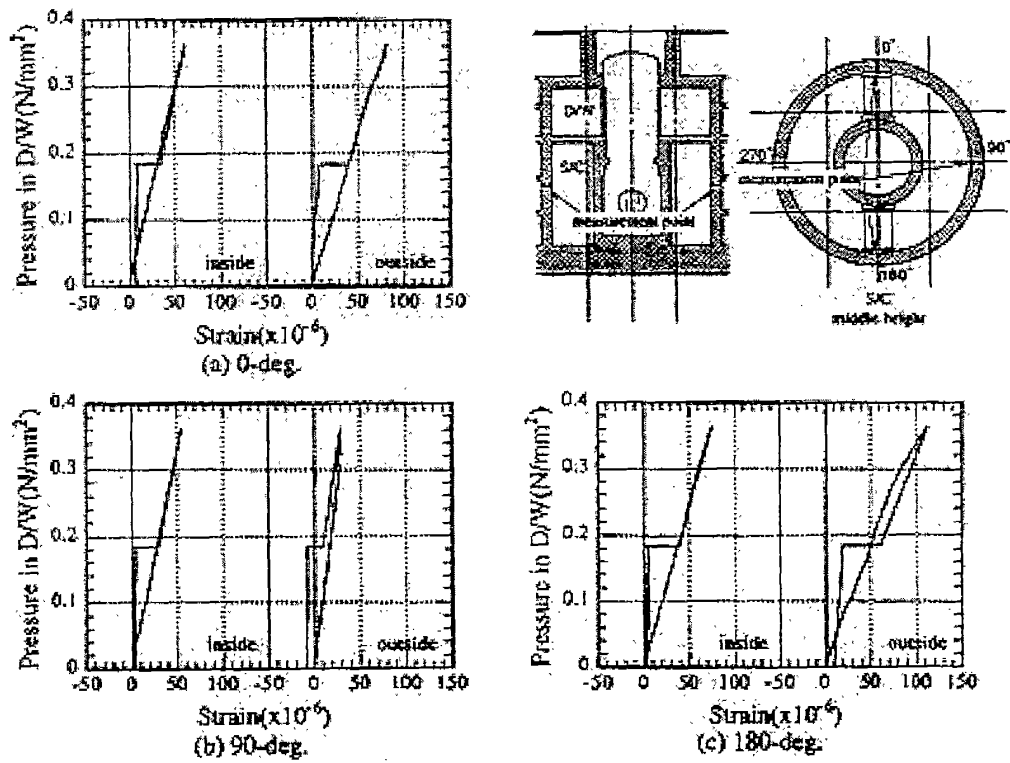


Fig.13 Strain behavior of circumferential direction at the middle height of the S/C

圖 2.2.13 壓力艙中間高程環向應變行為圖

2.3 龍門計畫第 1 和第 2 號機組鋼筋混凝土包封圍阻體結構完整性試驗

2.3.1 目的

2.3.1.1 一般要求

本章節係為建立施作龍門計畫核能電廠第 1 和第 2 號機組鋼筋混凝土包封圍阻體 (RCCV) 的結構完整性試驗(SIT)時之試驗要求；同時也闡明準備這項試驗程序的條件。龍門計畫的鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)是一個鋼筋混凝土圍阻體內襯一層鋼襯版，在反應器廠房(RB)內構成一完整的包封體。結構完整性試驗(SIT)的目的係為證實鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)的壓力構造邊界的設計與結構能適當的抵抗最大壓力負載。為了顯示這項功能，鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)將接受一個內部的測試壓力，它是以空氣加壓值為 358.9kPaG 的最大測試壓力。其後，乾井(DryWell, DW)將與壓力艙(Suppression Chamber, SC)分開加壓，當壓力艙(Suppression Chamber, SC)之壓力維持在 137.3kPaG 時，乾井(DryWell, DW)的壓力測試值為 309.9kPaG。此外，為建構完整的壓力界限，每個氣密室(airlock)的兩個門均須測試最大的壓力差。結構完整性試驗的加壓順序和歷程如圖 2.3.1 顯示。

2.3.1.2 適用範圍

本章規範的範圍是龍門計畫核能電廠第 1 和第 2 號機組之鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)的結構完整性試驗(SIT)。鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)包含構成圍阻體的所有牆及構件。這些構件如下：

1. RCCV 鋼筋混凝土牆；
2. RCCV 牆鋼襯版；
3. RCCV 褥基(Basemat)；
4. RCCV 褥基(Basemat)鋼襯版；
5. RCCV 頂版；
6. RCCV 頂版鋼襯版；
7. 乾井(DW)頭；
8. 管路穿透管；
9. 電氣穿透管；
10. 設備通道及氣密穿透管；
11. 設備通道及氣密室；
12. 設備及支撐埋板；

此外，位於乾井(DW)與壓力艙(SC)之間構成圍阻體的壓力邊界的結構亦必需加以考慮：

13. 隔版 (Diaphragm)；
14. 隔版 (Diaphragm) 鋼襯版；
15. 安全釋放閥鋼襯版(SRVDL) 穿透管；
16. 反應器壓力容器(RPV)基座；
17. 乾井孔與其他位於乾井(DryWell, DW)與壓力艙(Suppression Chamber, SC)之間的穿透管；
18. 出入通道；

2.3.1.3 分類

鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)係核能安全有關的地震 I 級結構。鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)則是依美國機械工程師學會(ASME)鍋爐與壓力容器(B&PV) Section III Division 2 CC 規範建造。至於非建構於混凝土的金屬組件則依美國機械工程師學會(ASME)鍋爐與壓力容器(B&PV) Section III Division 1 NB, NC 規範建造。龍門 NPS 的結構完整性試驗(SIT)作業程序和驗收準則將按照 ASME B&PV CC6000 規定，並以 1 號機為原型結構，2 號機為對照結構。

2.3.1.4 權責

下表顯示為準備及施作結構完整性試驗各單位的權責區分：

#	項目	提供者	安裝者	操作者	移除者
1	CC-6232 變位觀測 (垂直及軸向)				
1-1	變位指示器用基礎版	TPC	Contractor		
1-2	變位指示器	GE	Contractor		Contractor
1-3	非預埋線路/接線盒位置	Contractor			
1-4	變位指示器線路	GE	Contractor		Contractor
1-5	選擇測試用電氣穿透管	GE			
1-6	變位監測/紀錄設備	GE	Contractor	Contractor	Contractor
2	CC-6233 裂縫				
2-1	混凝土表面格線繪製	Contractor			
2-2	裂縫繪製	Contractor			
3	CC-6234 應變測量 CC-6236 溫度測量(應變計及大氣溫度)				
3-1	混凝土應變計	GE	Contractor		
3-2	鋼筋應變計	GE			
3-3	混凝土熱偶計	GE	Contractor		
3-4	鋼筋熱偶計	GE			
3-5	混凝土應變計/熱偶計埋線/接線盒	GE	Contractor		Contractor
3-6	預埋線路/接線盒位置	GE			
3-7	混凝土應變計/非預埋線路	GE	Contractor		Contractor
3-8	非預埋線路/接線盒位置	Contractor			
3-9	溫度傳感器	GE	Contractor		
3-10	選擇測試用電氣穿透管	GE			
3-11	混凝土應變計/熱偶計埋線保護		Contractor		
3-12	應變計監測/紀錄設備	GE	Contractor	Contractor	Contractor
3-13	熱偶計監測/紀錄設備	GE	Contractor	Contractor	Contractor

	項目	提供者	安裝者	操作者	移除者
4	CC-6237 氣候觀測				
4-1	氣候觀測/紀錄設備	TPC	TPC	TPC	
4-2	溼度觀測/紀錄設備	TPC	TPC	TPC	
5	壓力計				
5-1	加壓設備選擇	TPC			
5-2	壓力設備	TPC	Contractor	Contractor	Contractor
5-3	壓力計	GE	Contractor	Contractor	Contractor
5-4	壓力觀測/紀錄設備	GE	Contractor	Contractor	Contractor
5-5	非預埋線路/接線盒位置	Contractor			
5-6	選擇測試用電氣穿透管	GE			
5-7	壓力計線路	TPC	Contractor	Contractor	Contractor
6	CC-6241 預測試驗值				
6-1	變位	GE			
6-2	應變	GE			
7	CC-6242 設備預先測試				
7-1	應變測量裝置檢查	Contractor		Contractor	
7-2	變位觀測裝置檢查	Contractor		Contractor	
7-3	溫度測量裝置檢查	Contractor		Contractor	
7-4	壓力測量裝置檢查	Contractor		Contractor	
7-5	觀測/紀錄設備裝置檢查			Contractor	
8	CC-6250 結構預先調查				
8-1	結構檢查	GE		GE	
8-2	混凝土裂縫	GE		GE	
8-3	鋼襯版變位	GE		GE	
8-4	ANI 權責	ANI		ANI	
9	測試資料分析				
9-1	分析預測與實際試驗中應變溫度及變位等極限值之差異性	GE			
10	發表測試資料分析				
10-1	發表預測與實際試驗數據比較	GE			
11	其他				
11-1	與政府官員協商	TPC			
11-2	測試表格				
11-3	工作架	Contractor	Contractor		Contractor
11-4	混凝土試驗	Contractor		Contractor	
11-5	準備觀測/紀錄設備室	TPC			

2.3.2 依據文件

2.3.2. 依據和補充文件

以下所列的依據和補充文件，採用其最新版次：

1. 初期安全分析報告，3.8.1.7.1 節
2. GE 設計規範:ASME Containment Vessel of the Lungmen NPP, Unit 1 and 2.
3. GE 土木施工規範 71.0410

2.3.2.2 依據規範及標準

1. ASME B&PV Section III, Division 2, Subsection CC, 1989 版本。
2. ASME B&PV Section III, Division 1, Subsection NE, 1989 版本。
3. ANSI/ACI N690-1984, 1984 版本。
4. ANSI/ASME NQA-1, 1983 版本。
5. NCIG 01, 1987 版本, Rev 2。
6. RG1.94, 版本 1976, Rev1。
7. ASME N-258-2, 1986 版本。
8. ASTM A615, 1987 版本。
9. ASTM C-31, 1995 版本。
10. RG 1.136, 1981 版本。

2.3.3 執行試驗觀測

2.3.3.1 通則

於整個結構完整性試驗執行期間應確實紀錄混凝土結構變位的觀測資料。另外，1 號機被視為原型結構，也應執行混凝土及金屬零組件的應變觀測。外在和內部的周圍溫度，溼度和壓力也應同時測量和記錄。儀器的最小精度依據 CC6232.1 和 CC6234.5 規定。自動捕捉和記錄系統應被使用。於圖 2.3.1 所示的各加壓歷程於測試期間和解壓 24 小時內之全部量測值皆應被記錄。混凝土裂縫檢查(尺寸和長度繪製)應於加壓期間施作，所有檢查出的裂縫均需加以紀錄。

2.3.3.2 混凝土應變量測

混凝土應變量測在結構完整性試驗中也應被實行。其執行方式係藉由建構 RB 時即予已埋設之鋼筋應變計來測讀。混凝土應變量測僅在一號機施作。有關應變計具體的描述要求條件和裝置，依據 GE 土木設計規範 71.0410 章節 3K9.5。每個應變計設置有兩個沿鋼筋方向相對設置的電阻式應變讀計。應變計所用的鋼筋需符合 ASTM A615 之規定，並且不能使用水淬鋼筋。鋼筋裝置應變計需成對安裝並相互正交。除了特殊指示者外，這些應變計的方向皆沿著結構物的主軸。每一個設置應變計的混凝土部位應配有一對鋼筋應變計並儘量裝置於接近混凝土表面，以盡量測出真實的應力。每一個鋼筋應變計同時裝置有熱偶計以測量試驗期間溫度的變化，量測點的位置係根據 CC-6234 規定，其位置如下：

鋼筋混凝土包封圍阻體牆(RCCV Wall)

應變計測量的角度為 0° ， 90° ， 180° ，高度如以下所示：

在 RCCV 牆與頂版和褥基的交接處。

剪力筋位置

在 RCCV 牆與隔版交接處

DW及 SC 的中間高度

上述量測點係預期會有最大的應變產生。

在 SC 部份，SC 的中間高度與隔版及褥基的中點亦需加測應變。

下乾井(Lower Drywell)進出通道開口附近

下乾井進出通道開口附近量測軸向變位處也應量測應變。

褥基(Basemat)

應變量測位置包含中心點，褥基與牆及反應器壓力槽基座交界處，並量測 0° ， 90° ， 180° 三個方向。褥基與牆及反應器壓力槽基座交界處的剪力筋處之應變亦需量測。

頂版(Top Slab)

應變量測的方位分別為 0° ， 90° ， 180° 其安裝位置如下：

乾井(DW)頭開孔附近

頂版與鋼筋混凝土包封圍阻體牆交界處

上述位置任取兩點

隔版(Diaphragm Floor)

應變量測的方位分別為 0° ， 90° ， 180° 其安裝位置如下：

反應器壓力槽基座附近

反應器壓力槽基座交界處

上述位置任取兩點

確實的鋼筋應變計位置如表 2.3.1 至表 2.3.5 及圖 2.3.2 至圖 2.3.6 所示。

2.3.3.3 變位量測

在結構完整性試驗期間需進行變位量測。變位量測係藉由結構完整性試驗前預先埋設於結構上之位移轉換器來完成。一號機及二號機均需施作變位量測。變位量測點位置係依據 CC-6232 規定。標準量測位置如表 2.3.6 至表 2.3.8 及圖 2.3.7 至圖 2.3.9 所示。

2.3.3.4 裂縫

混凝土裂縫的觀察係根據 CC-6233 規定來執行。寬度超過 0.25mm 及長度超過 150mm 的裂縫需加以繪製。觀察及繪製需在加壓之前完成，如圖 2.3.1 的在每個加壓歷程，最大壓力及試驗之後。裂縫繪製及觀察的位置如表 2.3.9 所示，每一個區域至少需繪製 4M²。圖 2.3.10 及 2.3.11 描述裂縫繪製區域位置。

2.3.3.5 金屬組件之應變量測

於結構完整性試驗執行期間非背稱混凝土上之金屬組件上的應變量測應被實行。應變量測係由結構完整性試驗執行前安裝於金屬組件上的應變計來完成。金屬組件上的應變量測只在一號機施作。必須實行應變量測的金屬組件如下所示：

1. 乾井頭施作環節和圓柱的部份量測 90°，180° 方向及量測最高的位置。
2. 進出隧道施作圓柱部份的中間部位及通道口的上部和一側部位。
3. 設備出入口和氣密室施作中間部位及上部和一側部位。

所有的應變量測均以三向應變計安裝於牆的兩面來施作，其中一向平行組件的主軸方向。確實的應變計位置如表 2.3.10 至表 2.3.16 及圖 2.3.12 至圖 2.3.18 所示。

2.3.3.6 熱力學條件的監測

在乾井(DryWell, DW)與壓力艙(Suppression Chamber, SC)之間熱力學的條件(壓力，溫度和濕度)於結構完整性試驗期間應監測。二個壓力計分別安裝於乾井(DW)及壓力艙(SC)內。混凝土的溫度藉由根據 CC6236 的規定安裝，如 2.3.3.2 節的鋼筋應變計來量測；至於乾井(DryWell, DW)與壓力艙(Suppression Chamber, SC)之內，在 RCCV 之外和在 RB 之外各點於結構完整性試驗期間亦應被監測，確實的溫度量測位置如圖 2.3.19 所示。外在熱力學的條件(氣壓，氣溫，風速和相對濕度)於結構完整性試驗期間也應一起被監測。天氣預測報告應每 6 個鐘頭蒐集一次。在嚴厲的天氣情況下(在地表以上 9 公尺高測得風速超過 80 公里/小時，降雨量超過 50mm/天)結構完整性試驗不能施作，任何情形下不在 GE 設計規範:ASME Containment Vessel of the Lungmen NPP, Unit 1 and 2.4.3 節中陳述之設計範圍內的條件發生時，結構完整性試驗應立即停止。

2.3.3.7 設備儀器紀錄要求的資料範圍

設備紀錄要求的資料範圍及設備儀器要求的諸元特性如表 2.3.17 至表 2.3.21 所示。

2.3.3.8 竣工圖

為結構完整性試驗所裝設的設備在結構完整性試驗之前需準備好最新的設備位置竣工圖以利隨時取得相關資料。

2.3.4 施工現場狀況要求

鋼筋混凝土包封圍阻體結構完整性試驗之前現場工進的最低要求如下：

2.3.4.1 鋼筋混凝土包封圍阻體(RCCV)

所有構成鋼筋混凝土包封圍阻體壓力邊界的結構(包含鋼襯板)都應建造完成。鋼筋混凝土包封圍阻體牆附近的結構(包含牆,版)都應建造完成,褥基也應完成建造工作。壓力池需注入水至正常運作時的高度,注水及排水至壓力池的輔助系統也應完成運作準備。大致而言,所有連結到鋼筋混凝土包封圍阻體的外在結構只要會影響到鋼筋混凝土包封圍阻體結構功能或邊界條件者,都應被完成及安裝到最後的配置位置。

2.3.4.2 用過燃料池及乾燥/分離貯存池

這些池需注入水至平常運作時的高度,注水及排水至壓力池的輔助系統以及漏水偵測系統均應完成運作準備。

2.3.4.3 反應器壓力容器(RPV)

反應器壓力容器(RPV)需安裝完成並注滿水,如果燃料裝填系統已安裝完成其通氣孔蓋需打開,反應器壓力容器頭亦需安裝完成。

2.3.4.4 隔板

隔板需完全施作完成,即使連鋼襯板及SRVD穿牆套管亦然,穿牆套管與管路間隙如尚未填隙則需施作臨時管路護套。

2.3.4.5 乾井頭

乾井頭需安裝完成,如果燃料裝填系統已安裝完成則其通氣孔蓋需打開。

2.3.4.6 管路穿牆管

機械穿牆管護管理座需安裝完成,無論穿牆管路或穿牆護管均需加上臨時管帽,預備穿牆噴嘴亦須於外端加上管帽。

2.3.4.7 電氣穿牆管

電氣穿牆管護管理座需安裝完成,電氣穿牆管在內側或接線盒均需加以密封。

2.3.4.8 設備出入口及氣密室

設備出入口及氣密門護管理座需安裝完成,裝設有單扇門的設備出入口需安裝完成,氣密室靠近內側的門應被裝置完成。如果連接鋼筋混凝土包封圍阻體的具有兩扇門之氣密門須同時測試時,氣密門的開啟及關閉需在減壓情形下施作。

2.3.4.9 設備出入隧道

設備出入隧道需安裝完成。

2.3.4.10 反應器壓力容器基座支撐結構

反應器壓力容器基座支撐結構需安裝完成，垂直通氣管需加臨時蓋口，位於乾井(DryWell)與壓力艙(Suppression Chamber)結構中的穿牆管應被隔絕。

2.3.4.11 加壓系統

，加壓空氣系統及穿牆管 T31-MPEN-0001 和 0002 之間的管路需安裝完成。

2.3.4.12 雜項結構

濕井(Wetwell)平臺應被安裝，DW 之內及 RPV 之下的混凝土遮蔽塊應設置完成，反應器壓力容器遮蔽牆和 DEPSS 應設置完成。

2.3.4.13 平台及工作架

結構完整性試驗期間通往監測區域的平台及通道需可使用。

2.3.4.14 構成鋼筋混凝土包封圍阻體組件測漏試驗

所有焊接及構成鋼筋混凝土包封圍阻體壓力邊界的組件在結構完整性試驗之前需先做測漏試驗，隔版上的鋼襯板也需完成測漏試驗。所有以 O-環密封的組件亦需完成測漏試驗。

2.3.5 加壓系統

以下為使用於鋼筋混凝土包封圍阻體的加壓裝備：

1. 壓縮機；
2. 冷凍設備；
3. 空氣烘乾機
4. 隔絕閥；
5. 安全釋放閥；
6. 分歧管；
7. 編號 83(T31-MPEN-0002)通到 Drywell 的穿牆管，編號 85(T31-MPEN-0001)通到 Wetwell 的穿牆管；
8. 必要的電氣穿牆管；
9. 壓力計。

2.3.6 預防措施及一般指示

2.3.6.1 預防措施

：超過最大的測試壓力及 DW 和 SC 之間壓力差超過 5kPaG 是不允許的。如果任何提及的要求不能使試驗安全的進行則下列的加壓步驟就必須停止。承商經測試程序確認所有於圍阻體內之設備與機具位置正確，若尚未設計抵抗測試壓力之設備則需移除或加以保護。位於鋼筋混凝土包封圍阻體內為建構及安裝組件的輔助設備及工具(如臨時支撐架及工作架等)必須在壓力試驗之前移離鋼筋混凝土包封圍阻體或加以固定。確定氣密室開鎖及閉鎖以及從鋼筋混凝土包封圍阻體外開關壓力釋放閥的正確操作程序。管制區域需明確標示及管制以避免非授權人員意外闖入。暴露於加壓區域內人員的安全減壓程序應建立。

2.3.6.2 一般指示

結構完整性試驗之前，應取得各項氣象條件(溫度, 露點, 相對溼度, 氣壓)資料，這些數據從結構完整性試驗之前四個小時取得，每個小時紀錄一次直至結構完整性試驗完成。圍阻體的溫度依前述頻率量測及紀錄量測時間從結構完整性試驗開始前一星期至完全解壓後 24 小時。在壓力試驗開始前，所有結構及鋼襯板承商需徹底地檢視並紀錄，任何裂縫及變形需經設計者說明試驗結果。結構完整性試驗之前，以 50kPaG 的壓力施作一個初步的洩漏試驗。萬一需要修理的情事發生，圍阻體之內的壓力需先解壓，滲漏的組件修復後重新開始試驗。結構完整性試驗期間在壓力邊界上不容許任何的修理或者調整。假如於加壓階段中，圍阻體內的壓力無法達到時，圍阻體外部先作局部的洩漏試驗。如有必要，圍阻體需解壓及修補。全部使用於本試驗的記錄儀器在使用前均應校正，並確定這校正紀錄是在有效期檢具校正者。從校準日期到測試日期最大允許校正期為半年，至於壓力計的校正如 CC-6238.2 規定。壓力試驗之前應變計的讀數需每天紀錄並持續一個星期。差異過大的數據需剔除，讀數的紀錄如 CC-6242 的規定。在 ASME 範圍內的每一個混凝土澆置區塊承商需施作兩個試驗試體並放置於標準養生條件下養護，承商在結構完整性試驗將施作前依據 ASTM C31 壓試混凝土試體以求得混凝土抗壓強度，楊氏係數及波森比。這些試驗結果都將傳送給台電以供結構完整性試驗的分析預測。

2.3.7 試驗程序

一個詳細的試驗程序在試驗之前應加以建立而且至少包含以下的資訊：

1. 詳細說明對未設計有抵抗壓力的監測設備的保護措施；
2. 一步一步詳細說明相關的必要條件與注意事項，並記錄這些說明的執行過程；
3. 一步一步詳細說明每一個加壓歷程中加壓裝備和排列在圍阻體上的隔絕閥的操作程序，並記錄這些說明的執行過程；
4. 一步一步詳細說明氣密門的操作程序，並記錄這些說明的執行過程；
5. 詳細說明如何測量和記錄內部的和外在熱力學條件(溫度，溼度和氣壓)資料；
6. 資料取得系統(DAS)的詳細描述；
7. 感應器(鋼筋應變計，位移感知器，與壓力，溫度和溼度計)位置與資料取得系統(DAS)之連線線路圖；
8. 詳細的描述結構完整性試驗之後執行試驗困擾的原因，永久的損壞和裂縫的標定；
9. 加壓歷程圖；
10. 為使每個加壓測試能安全進行，預估所有監測點的應變及位移的警戒預測值及可接受的限度；
11. 界定限制接近區域；
12. 詳細有關暴露於加壓空氣中人員的減壓程序；
13. 資料記錄表單包含：
 - a. 環境條件
 - b. 圍阻體設備的保護措施
 - c. 故障及修理
 - d. 裂縫監測
14. 繪製應力-應變和變位-壓力曲線圖的標準格式。

2.3.8 驗收準則

下列最小要求及其相對的結構行為如果符合的話，鋼筋混凝土包封圍阻體即視為滿足結構完整性試驗。

2.3.8.1 鋼筋的降伏

經過相關裂縫寬度，應變及變位的分析，鋼筋尚未達到至降伏強度。

2.3.8.2 永久性的損壞

無論混凝土結構或鋼襯板經過目視檢查後未發現永久性的損壞。

2.3.8.3 變位的恢復

經過精密的量測預期最大的變位點在經過解壓後 24 小時的變位的恢復率達 70%以上，惟此項要求不適用測量點 DefH-01a 及 DefH-01b。

2.3.8.4 最大變位量

：最大變位量不能超過最大變位預測值的 130%。如果變位量在經過解壓後 24 小時的變位恢復率達 80%以上則前述要求可以忽略，惟測量點 DefH-01a 及 DefH-01b 不需符合上述要求。

2.3.8.5 重行試驗

如有前述任何 2.3.8.3 和 2.3.8.4 的驗收準則不符合，進一步作為依下列指示。進一步研究辨別偏差，包含潛變的評定，溫度的變化影響以及量測儀器的誤差。經過矯正及補修後試驗才能重行施作，重行試驗之前修補區域需依 CC-6214 用儀器裝備。

2.3.9 測試報告

結構完整性試驗之後，一份測試報告應被發行，且其最少應包含以下資訊：

1. 試驗程序和試驗設備的說明；
2. 可移動設備位置的最新描述；
3. 估計準確度的評估；
4. 混凝土應變的數據及示意圖，每一個加壓階段穩定後的抗壓歷程圖；
5. 結構損壞的數據及示意圖；
6. 整個結構完整性試驗期間的溫度演進圖；
7. 於壓力恢復期間考慮容許上限的測量值之比較；
8. 明確說明預期與觀察所得的結構行為之差異，項目包含混凝土的應變與變位；
9. 明確的驗收準則以及任何正確量測的評估與需要；
10. 結論。

表 2.3.1 鋼筋混凝土包封圍阻體牆鋼筋應變計測量位置

編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL:mm)	角度 (°)	編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL:mm)	角度 (°)	編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL:mm)	角度			
StrS-HO	1a	16,340	20,800	0	StrS-HO	1b	16,340	20,800	90	StrS-HO	1c	16,340	20,800	180
StrS-HI	1a	14,811	20,800	0	StrS-HI	1b	14,811	20,800	90	StrS-HI	1c	14,811	20,800	180
StrS-VO	1a	16,245	20,800	0	StrS-VO	1b	16,245	20,800	90	StrS-VO	1c	16,245	20,800	180
StrS-VI	1a	14,716	20,800	0	StrS-VI	1b	14,716	20,800	90	StrS-VI	1c	14,716	20,800	180
StrS-T	1a	15,500	20,800	0	StrS-T	1b	15,500	20,800	90	StrS-T	1c	15,500	20,800	180
StrS-HO	2a	16,340	15,500	0	StrS-HO	2b	16,340	15,500	90	StrS-HO	2c	16,340	15,500	180
StrS-HI	2a	14,811	15,500	0	StrS-HI	2b	14,811	15,500	90	StrS-HI	2c	14,811	15,500	180
StrS-VO	2a	16,245	15,500	0	StrS-VO	2b	16,245	15,500	90	StrS-VO	2c	16,245	15,500	180
StrS-VI	2a	14,716	15,500	0	StrS-VI	2b	14,716	15,500	90	StrS-VI	2c	14,716	15,500	180
StrS-HO	3a	16,340	10,600	0	StrS-HO	3b	16,340	10,600	90	StrS-HO	3c	16,340	10,600	180
StrS-HI	3a	14,811	10,600	0	StrS-HI	3b	14,811	10,600	90	StrS-HI	3c	14,811	10,600	180
StrS-VO	3a	16,245	10,600	0	StrS-VO	3b	16,245	10,600	90	StrS-VO	3c	16,245	10,600	180
StrS-VI	3a	14,716	10,600	0	StrS-VI	3b	14,716	10,600	90	StrS-VI	3c	14,716	10,600	180
StrS-HO	4a	16,340	5,195	0	StrS-HO	4b	16,340	5,195	90					
StrS-HI	4a	14,811	5,195	0	StrS-HI	4b	14,811	5,195	90					
StrS-VO	4a	16,245	5,195	0	StrS-VO	4b	16,245	5,195	90					
StrS-VI	4a	14,716	5,195	0	StrS-VI	4b	14,716	5,195	90					
					StrS-HO	5b	16,340	1,450	90					
					StrS-HI	5b	14,811	1,450	90					
					StrS-VO	5b	16,245	1,450	90					
					StrS-VI	5b	14,716	1,450	90					
StrS-HO	6a	16,340	-3,943	0	StrS-HO	6b	16,340	-3,943	90					
StrS-HI	6a	14,811	-3,943	0	StrS-HI	6b	14,811	-3,943	90					
StrS-VO	6a	16,245	-3,943	0	StrS-VO	6b	16,245	-3,943	90					
StrS-VI	6a	14,716	-3,943	0	StrS-VI	6b	14,716	-3,943	90					
StrS-HO	7a	16,340	-7,700	0	StrS-HO	7b	16,340	-7,700	90	StrS-HO	7c	16,340	-7,700	180
StrS-HI	7a	14,811	-7,700	0	StrS-HI	7b	14,811	-7,700	90	StrS-HI	7c	14,811	-7,700	180
StrS-VO	7a	16,245	-7,700	0	StrS-VO	7b	16,245	-7,700	90	StrS-VO	7c	16,245	-7,700	180
StrS-VI	7a	14,716	-7,700	0	StrS-VI	7b	14,716	-7,700	90	StrS-VI	7c	14,716	-7,700	180
StrS-T	7a	15,500	-7,700	0	StrS-T	7b	15,500	-7,700	90	StrS-T	7c	15,500	-7,700	180

表 2.3.2 大件機具出入口通道開口附近鋼筋應變計測量位置

編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL : mm)	角度 (°)
Str0-H0 1a	16,340	2,220	180
Str0-HI 1a	14,811	2,220	180
Str0-H0 2a	16,340	3,583	180
Str0-HI 2a	14,811	3,583	180
Str0-V0 2a	16,245	3,583	180
Str0-VI 2a	14,716	3,583	180
Str0-H0 3a	16,340	5,195	180
Str0-HI 3a	14,811	5,195	180
Str0-V0 3a	16,245	5,195	180
Str0-VI 3a	14,716	5,195	180
Str0-H0 1c	16,340	-2,580	180
Str0-HI 1c	14,811	-2,580	180
Str0-H0 2c	16,340	-3,943	180
Str0-HI 2c	14,811	-3,943	180
Str0-V0 2c	16,245	-3,943	180
Str0-VI 2c	14,716	-3,943	180
Str0-H0 3c	16,340	-5,555	180
Str0-HI 3c	14,811	-5,555	180
Str0-V0 1d	16,245	-180	171.50
Str0-VI 1d	14,716	-180	170.61
Str0-V0 2d	16,245	-180	166.61
Str0-VI 2d	14,716	-180	165.19
Str0-V0 3d	16,245	-180	160.68
Str0-VI 3d	14,716	-180	158.58
Str0-DO 1e	15,675	1,517	173.78
Str0-DI 1e	15,171	1,517	173.58

表 2.3.3 橋基混凝土鋼筋變變計測量位置

編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL: mm)	角度 (°)
StrB-XT 1	0	-8,980	--
StrB-XB 1	0	-13,470	--
StrB-YT 1	0	-8,940	--
StrB-YB 1	0	-13,510	--
StrB-RT 2a	7,250	-8,980	0
StrB-XB 2a	7,250	-13,470	0
StrB-CT 2a	7,250	-8,940	0
StrB-YB 2a	7,250	-13,510	0
StrB-T 2a	7,250	-11,225	0
StrB-RT 3a	14,000	-8,980	0
StrB-XB 3a	14,000	-13,470	0
StrB-CT 3a	14,000	-8,940	0
StrB-YB 3a	14,000	-13,510	0
StrB-T 3a	14,000	-11,225	0
StrB-RT 2b	7,250	-8,980	90
StrB-XB 2b	7,250	-13,470	90
StrB-CT 2b	7,250	-8,940	90
StrB-YB 2b	7,250	-13,510	90
StrB-T 2b	7,250	-11,225	90
StrB-RT 3b	14,000	-8,980	90
StrB-XB 3b	14,000	-13,470	90
StrB-CT 3b	14,000	-8,940	90
StrB-YB 3b	14,000	-13,510	90
StrB-T 3b	14,000	-11,225	90
StrB-RT 2c	7,250	-8,980	180
StrB-XB 2c	7,250	-13,470	180
StrB-CT 2c	7,250	-8,940	180
StrB-YB 2c	7,250	-13,510	180
StrB-T 2c	7,250	-11,225	180
StrB-RT 3c	14,000	-8,980	180
StrB-XB 3c	14,000	-13,470	180
StrB-CT 3c	14,000	-8,940	180
StrB-YB 3c	14,000	-13,510	180
StrB-T 3c	14,000	-11,225	180

表 2.3.4 頂版鋼筋應變計測量位置

編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL: mm)	角度 (°)	編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL: mm)	角度 (°)
StrT-XT 1a	6,000	23,310	0	StrT-XT 1c	6,000	23,310	180
StrT-XB 1a	6,000	21,591	0	StrT-XB 1c	6,000	21,591	180
StrT-YT 1a	5,650	23,385	0	StrT-YT 1c	5,650	23,385	180
StrT-YB 1a	5,650	21,516	0	StrT-YB 1c	5,650	21,516	180
StrT-XT 2a	8,000	23,310	0	StrT-XT 2c	8,000	23,310	180
StrT-XB 2a	8,000	21,591	0	StrT-XB 2c	8,000	21,591	180
StrT-YT 2a	8,000	23,385	0	StrT-YT 2c	8,000	23,385	180
StrT-YB 2a	8,000	21,516	0	StrT-YB 2c	8,000	21,516	180
StrT-XT 3a	10,750	23,310	0	StrT-XT 3c	10,750	23,310	180
StrT-XB 3a	10,750	21,591	0	StrT-XB 3c	10,750	21,591	180
StrT-YT 3a	10,750	23,385	0	StrT-YT 3c	10,750	23,385	180
StrT-YB 3a	10,750	21,516	0	StrT-YB 3c	10,750	21,516	180
StrT-XT 4a	14,000	23,310	0	StrT-XT 4c	14,000	23,310	180
StrT-XB 4a	14,000	21,591	0	StrT-XB 4c	14,000	21,591	180
StrT-YT 4a	14,000	23,385	0	StrT-YT 4c	14,000	23,385	180
StrT-YB 4a	14,000	21,516	0	StrT-YB 4c	14,000	21,516	180
StrT-T 4a	14,000	22,400	0	StrT-T 4c	14,000	22,400	180
StrT-XT 1b	5,650	23,310	90				
StrT-XB 1b	5,650	21,591	90				
StrT-YT 1b	6,000	23,385	90				
StrT-YB 1b	6,000	21,516	90				
StrT-XT 2b	8,000	23,310	90				
StrT-XB 2b	8,000	21,591	90				
StrT-YT 2b	8,000	23,385	90				
StrT-YB 2b	8,000	21,516	90				
StrT-XT 3b	10,750	23,310	90				
StrT-XB 3b	10,750	21,591	90				
StrT-YT 3b	10,750	23,385	90				
StrT-YB 3b	10,750	21,516	90				
StrT-XT 4b	14,000	23,310	90				
StrT-XB 4b	14,000	21,591	90				
StrT-YT 4b	14,000	23,385	90				
StrT-YB 4b	14,000	21,516	90				
StrT-YB 4b	14,000	22,400	90				

表 2.3.5. 隔版鋼筋應變計測量位置

編號	軸向位置	高程	角度
StrD-RT 2b	8,000	12,120	90
StrD-RB 2b	8,000	11,250	90
StrD-CT 2b	8,000	12,040	90
StrD-CB 2b	8,000	11,330	90
StrD-RT 3b	10,750	12,120	90
StrD-RB 3b	10,750	11,250	90
StrD-CT 3b	10,750	12,040	90
StrD-CB 3b	10,750	11,330	90
StrD-RT 4b	13,650	12,120	90
StrD-RB 4b	13,650	11,250	90
StrD-CT 4b	14,000	12,040	90
StrD-CB 4b	14,000	11,330	90
StrD-RT 2c	8,000	12,120	180
StrD-RB 2c	8,000	11,250	180
StrD-CT 2c	8,000	12,040	180
StrD-CB 2c	8,000	11,330	180
StrD-RT 3c	10,750	12,210	180
StrD-RB 3c	10,750	11,250	180
StrD-CT 3c	10,750	12,040	180
StrD-CB 3c	10,750	11,330	180
StrD-RT 4c	13,650	12,120	180
StrD-RB 4c	13,650	11,250	180
StrD-CT 4c	14,000	12,040	180
StrD-CB 4c	14,000	11,330	180

表 2.3.6. 傾斜儀量測位置 (軸向)

編號	起 點			終 點		
	軸向位置 (mm)	高程 (EL : mm)	角度 (°)	軸向位置 (mm)	高程 (EL ; mm)	角度 (°)
DefH-1a	14,500	20,800	0.00	5,330	20,800	0.00
DefH-2a	14,500	15,500	0.00	5,330	15,500	0.00
DefH-3a	14,500	10,600	0.00	7,000	10,600	0.00
DefH-4a	14,500	5,195	0.00	7,000	5,195	0.00
DefH-6a	14,500	-3,943	0.00	7,000	-3,943	0.00
DefH-7a	14,500	-7,700	0.00	7,000	-7,700	0.00
DefH-1b	14,500	20,800	90.00	5,330	20,800	90.00
DefH-2b	14,500	15,500	90.00	5,330	15,500	90.00
DefH-3b	14,500	10,600	90.00	7,000	10,600	90.00
DefH-4b	14,500	5,195	90.00	7,000	5,195	90.00
DefH-5b	14,500	1,450	90.00	7,000	1,450	90.00
DefH-6b	14,500	-3,943	90.00	7,000	-3,943	90.00
DefH-7b	14,500	-7,700	90.00	7,000	-7,700	90.00
DefH-1c	14,500	20,800	180.00	5,330	20,800	180.00
DefH-2c	14,500	15,500	180.00	5,330	15,500	180.00
DefH-3c	14,500	10,600	180.00	7,000	10,600	180.00
DefH-7c	14,500	-7,700	180.00	7,000	-7,700	180.00
DefH-1d	14,500	20,800	270.00	5,330	20,800	270.00
DefH-2d	14,500	15,500	270.00	5,330	15,500	270.00
DefH-3d	14,500	10,600	270.00	7,000	10,600	270.00
DefH-4d	14,500	5,195	270.00	7,000	5,195	270.00
DefH-5d	14,500	1,450	270.00	7,000	1,450	270.00
DefH-6d	14,500	-3,943	270.00	7,000	-3,943	270.00
DefH-7d	14,500	-7,700	270.00	7,000	-7,700	270.00
DefH-P1c	5,300	-180	111.76	5,300	-180	291.76

表 2.3.7. 傾斜儀量測位置 (垂直向)

編號	起 點			終 點		
	軸向位置 (mm)	高程 (EL : mm)	角度 (°)	軸向位置 (mm)	高程 (EL ; mm)	角度 (°)
DefV-D1a	5,330	21,300	3.00	5,330	21,200	3.00
DefV-D2a	8,000	21,300	0.00	8,000	12,300	0.00
DefV-D3a	10,750	21,300	0.00	10,750	12,300	0.00
DefV-D4a	14,000	21,300	0.00	14,000	12,300	0.00
DefV-S2a	8,509	11,100	19.93	8,509	-8,200	19.93
DefV-S3a	11,134	11,100	15.10	11,134	-8,200	15.10
DefV-S4a	14,297	11,100	11.70	14,297	-8,200	11.70
DefV-D1b	5,330	21,300	90.00	5,330	21,200	90.00
DefV-D2b	8,000	21,300	90.00	8,000	12,300	90.00
DefV-D3b	10,750	21,300	90.00	10,750	12,300	90.00
DefV-D4b	14,000	21,300	90.00	14,000	12,300	90.00
DefV-S2ba	8,000	11,100	90.00	8,000	-8,200	90.00
DefV-S3b	10,750	11,100	90.00	10,750	-8,200	90.00
DefV-S4b	14,000	11,100	90.00	14,000	-8,200	90.00
DefV-D1c	5,330	21,300	180.00	5,330	21,200	180.00
DefV-D4c	14,000	21,300	180.00	14,000	12,300	180.00
DefV-S4c	14,297	11,100	168.30	14,297	-8,200	168.30
DedV-D1d	5,330	21,300	270.00	5,330	21,200	270.00
DedV-D4d	14,000	21,300	270.00	14,000	12,300	270.00
DedV-S4d	14,000	11,100	270.00	14,000	-8,200	270.00

表 2.3.8. 傾斜儀量測位置 (大型機具出入通道開口附近)

編號	起 點			終 點		
	軸向位置 (mm)	高程 (EL : mm)	角度 (°)	軸向位置 (mm)	高程 (EL : mm)	角度 (°)
DefH-01a	14,500	2,520	180.00	7,000	2,520	180.00
DefH-02a	14,500	3,583	180.00	7,000	3,583	180.00
DefH-03a	14,500	5,195	180.00	7,000	5,195	180.00
DefH-01b	14,500	-180	171.39	7,000	-180	170.96
DefH-02b	14,500	-180	164.96	7,000	-180	158.24
DefH-03b	14,500	-180	158.24	7,000	-180	158.24
DefH-01c	14,500	-2,880	180.00	7,000	-2,880	180.00
DefH-02c	14,500	-3,943	180.00	7,000	-3,943	180.00
DefH-03c	14,500	-5,555	180.00	7,000	-5,555	180.00
DefH-01d	14,500	-180	188.61	7,000	-180	189.04
DefH-02d	14,500	-180	195.04	7,000	-180	201.76
DefH-03d	14,500	-180	201.76	7,000	-180	201.76
DefH-P1a	5,300	-180	21.76	5,300	-180	201.76
DefH-P2d	5,300	-180	158.24	5,300	-180	338.24
DefH-0	15,500	-180	172.03	15,500	-180	187.97
DefV-0	25,500	1,970	180.00	15,500	-2,330	180.00

表 2.3.9. 裂縫繪製位置

編號	軸向位置 (mm)	高程 (EL : mm)	角度 (°)	區域大小
CRS- 1	16,500	20,300	90	2.0m x 2.0m
CRS- 2	16,500	9,750	90	2.0m x 2.0m
CRS- 3	16,500	2,100	90	2.0m x 2.0m
CRS- 4	16,500	-7,200	90	2.0m x 2.0m
CRS- 5	16,500	19,170	130	3.0m x 3.0m
CRS- 6	16,500	-180	180	5.0m x 5.0m
CRT- 1	10,400	23,500	80	2.0m x 2.0m
CRT- 2	10,400	23,500	270	2.0m x 2.0m

表 2.3.10. 乾井頭 (DW Head) 應度量測位置

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-1-M-001	0	27,940	---
StrM-1-L-001	0	27,940	---
StrM-1-R-001	0	27,940	---
StrM-0-M-001	0	27,972	---
StrM-0-R-001	0	27,972	---
StrM-0-L-001	0	27,972	---
StrM-I-M-002	4,200	26,939	90
StrM-I-R-002	4,200	26,939	90
StrM-I-L-002	4,200	26,939	90
StrM-O-M-002	4,215	26,967	90
StrM-O-R-002	4,215	26,967	90
StrM-O-L-002	4,215	26,967	90
StrM-I-M-003	4,200	26,939	180
StrM-I-R-003	4,200	26,939	180
StrM-I-L-003	4,200	26,939	180
StrM-O-M-003	4,215	26,967	180
StrM-O-R-003	4,215	26,967	180
StrM-O-L-003	4,215	26,967	180
StrM-I-M-004	5,145	25,492	90
StrM-I-R-004	5,145	25,492	90
StrM-I-L-004	5,145	25,492	90
StrM-O-M-004	5,177	25,494	90
StrM-O-R-004	5,177	25,494	90
StrM-O-L-004	5,177	25,494	90
StrM-I-M-005	5,145	25,492	180
StrM-I-R-005	5,145	25,492	180
StrM-I-L-005	5,145	25,492	180
StrM-O-M-005	5,177	25,494	180
StrM-O-R-005	5,177	25,494	180
StrM-O-L-005	5,177	25,494	180

表 2.3.11. 設備通道應變量測位置

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-I-M-006	10,750	1,970	0
StrM-I-R-006	10,750	1,970	0
StrM-I-L-006	10,750	1,970	0
StrM-O-M-006	10,750	1,990	0
StrM-O-R-006	10,750	1,990	0
StrM-O-L-006	10,750	1,990	0
StrM-I-M-007	10,750	-180	90
StrM-I-R-007	10,750	-180	90
StrM-I-L-007	10,750	-180	90
StrM-O-M-007	10,750	-180	90
StrM-O-R-007	10,750	-180	90
StrM-O-L-007	10,750	-180	90
StrM-I-M-008	16,681	1,903	0
StrM-I-R-008	16,681	1,903	0
StrM-I-L-008	16,681	1,903	0
StrM-O-M-008	16,715	1,920	0
StrM-O-R-008	16,715	1,920	0
StrM-O-L-008	16,715	1,920	0
StrM-I-M-009	16,850	-180	90
StrM-I-R-009	16,850	-180	90
StrM-I-L-009	16,850	-180	90
StrM-O-M-009	16,850	-180	90
StrM-O-R-009	16,850	-180	90
StrM-O-L-009	16,850	-180	90
StrM-I-M-028	17,722	250	0
StrM-I-R-028	17,722	250	0
StrM-I-L-028	17,722	250	0
StrM-O-M-028	17,722	250	0
StrM-O-R-028	17,722	250	0
StrM-O-L-028	17,722	250	0
StrM-I-M-029	17,741	-900	90
StrM-I-R-029	17,741	-900	90
StrM-I-L-029	17,741	-900	90
StrM-O-M-029	17,741	-900	90
StrM-O-R-029	17,741	-900	90

表 2.3.12. 人員通道應變量測位置

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-I-M-010	10,750	1,970	0
StrM-I-R-010	10,750	1,970	0
StrM-I-L-010	10,750	1,970	0
StrM-O-M-010	10,750	1,990	0
StrM-O-R-010	10,750	1,990	0
StrM-O-L-010	10,750	1,990	0
StrM-I-M-011	10,750	-180	270
StrM-I-R-011	10,750	-180	270
StrM-I-L-011	10,750	-180	270
StrM-O-M-011	10,750	-180	270
StrM-O-R-011	10,750	-180	270
StrM-O-L-011	10,750	-180	270
StrM-I-M-012	16,676	1,903	0
StrM-I-R-012	16,676	1,903	0
StrM-I-L-012	16,676	1,903	0
StrM-O-M-012	16,725	1,920	0
StrM-O-R-012	16,725	1,920	0
StrM-O-L-012	16,725	1,920	0
StrM-I-M-013	16,676	-180	270
StrM-I-R-013	16,676	-180	270
StrM-I-L-013	16,676	-180	270
StrM-O-M-013	16,725	-180	270
StrM-O-R-013	16,725	-180	270
StrM-O-L-013	16,725	-180	270
StrM-O-M-022	15,520	570	0
StrM-O-L-022	15,520	570	0
StrM-O-R-022	15,520	570	0
StrM-I-M-022	15,520	550	0
StrM-I-L-022	15,520	550	0

表 2.3.12. 人員通道應變量測位置 (續)

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-I-R-022	15,520	550	0
StrM-O-M-023	15,520	-650	270
StrM-O-L-023	15,520	-650	270
StrM-O-R-023	15,520	-650	270
StrM-I-M-023	15,520	-650	270
StrM-I-L-023	15,520	-650	270
StrM-I-R-023	15,520	-650	270
StrM-O-M-024	13,920	500	0
StrM-O-L-024	13,920	500	0
StrM-O-R-024	13,920	500	0
StrM-I-M-024	13,845	500	0
StrM-I-L-024	13,845	500	0
StrM-I-R-024	13,845	500	0
StrM-O-M-025	13,920	-650	270
StrM-O-L-025	13,920	-650	270
StrM-O-R-025	13,920	-650	270
StrM-I-M-025	13,845	-650	270
StrM-I-L-025	13,845	-650	270
StrM-I-R-025	13,845	-650	270
StrM-O-M-026	13,920	500	0
StrM-O-L-026	13,920	500	0
StrM-O-R-026	13,920	500	0
StrM-I-M-026	13,845	500	0
StrM-I-L-026	13,845	500	0
StrM-I-R-026	13,845	500	0
StrM-O-M-027	17,111	-1225	120
StrM-O-L-027	17,111	-1225	120
StrM-O-R-027	17,111	-1225	120
StrM-O-M-027	17,073	-1225	120
StrM-O-L-027	17,073	-1225	120
StrM-O-R-027	17,073	-1225	120

表 2.3.13. SC Access Hatch 應變量測位置

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-I-M-014	970	7,370	0
StrM-I-R-014	970	7,370	0
StrM-I-L-014	970	7,370	0
StrM-O-M-014	970	7,370	0
StrM-O-R-014	970	7,370	0
StrM-O-L-014	970	7,370	0
StrM-I-M-015	970	6,400	90
StrM-I-R-015	970	6,400	90
StrM-I-L-015	970	6,400	90
StrM-O-M-015	970	6,400	90
StrM-O-R-015	970	6,400	90
StrM-O-L-015	970	6,400	90

表 2.3.14. 乾井上部設備出入口應變量測位置

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-I-M-016	1,250	19,170	90
StrM-I-R-016	1,250	19,170	90
StrM-I-L-016	1,250	19,170	90
StrM-O-M-016	1,250	19,170	90
StrM-O-R-016	1,250	19,170	90
StrM-O-L-016	1,250	19,170	90
StrM-I-M-017	1,250	17,920	180
StrM-I-R-017	1,250	17,920	180
StrM-I-L-017	1,250	17,920	180
StrM-O-M-017	1,250	17,920	180
StrM-O-R-017	1,250	17,920	180
StrM-O-L-017	1,250	17,920	180

表 2.3.15. 乾井上部人員出入口內部應變量測位置

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-I-M-018	1,150	19,170	90
StrM-I-R-018	1,150	19,170	90
StrM-I-L-018	1,150	19,170	90
StrM-O-M-018	1,150	19,170	90
StrM-O-R-018	1,150	19,170	90
StrM-O-L-0184	1,150	19,170	90
StrM-I-M-019	1,150	20,320	0
StrM-I-R-019	1,150	20,320	0
StrM-I-L-019	1,150	20,320	0
StrM-O-M-019	1,150	20,320	0
StrM-O-R-019	1,150	20,320	0
StrM-O-L-019	1,150	20,320	0

表 2.3.16. 乾井上部人員出入口外部應變量測位置

編號	軸向位置 mm	高程 mm	角度 (°)
StrM-I-M-020	1,150	18,595	120
StrM-I-R-020	1,150	18,595	120
StrM-I-L-020	1,150	18,595	120
StrM-O-M-020	1,150	18,595	120
StrM-O-R-020	1,150	18,595	120
StrM-O-L-020	1,150	18,595	120
StrM-I-M-021	1,150	20,320	0
StrM-I-R-021	1,150	20,320	0
StrM-I-L-021	1,150	20,320	0
StrM-O-M-021	1,150	20,320	0
StrM-O-R-021	1,150	20,320	0
StrM-O-L-021	1,150	20,320	0

表 2.3.17. 變位計功能表

Item	Value	Note
功能	25 mm (Typical)	The measurement range should be adapted to the maximum expected Value : $1.50 E_v < R < 4E_v$ $E_v = \text{Expected value}$ $R = \text{Range of measurement}$
最小精度	$\pm 0.1 \text{ mm}$	See also requirements stated in CC-6232.1
非線性範圍	$< 0.5\% \text{ Full Scale}$	
容許溫度	$0^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$	
容許壓力	500 kPaG	

表 2.3.18. 鋼筋應變計金屬構件功能表

Item	Value	Note
應變計		
功能	$\pm 20.000 \mu \epsilon$	
最小精度	$\pm 10 \mu \epsilon$	See also requirements stated in CC-6234.5
可讀數字	$1 \mu \epsilon$	
非線性範圍	$< 1.0\% \text{ Full scale}$	
容許溫度	$-20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$	
容許壓力	500kPaG	
熱偶計		
功能	$0^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$	
最小精度	$\pm 1^\circ\text{C}$	
非線性範圍	$< 1.0\% \text{ Full scale}$	
容許壓力	500kPaG	

表 2.3.19. 壓力計功能表

Item	Value	Note
功能	Between 5 and 1400 kPaG	See also requirement stated in CC-6238
最小精度	± 1 kPaG	
非線性範圍	< 1% Full Scale	
容許溫度	0°C ~ 60°C	

表 2.3.20. 溫度計功能表

Item	Value	Note
功能	0°C ~ 60°C	
最小精度	± 0.5°C	
非線性範圍	< 1% Full Scale	
容許壓力	500 kPaG	

表 2.3.21. 濕度計功能表

Item	Value	Note
功能	100% Relative Humidity	
最小精度	0.5%	
承受壓力	500 kPaG	
容許溫度	0-60°C	

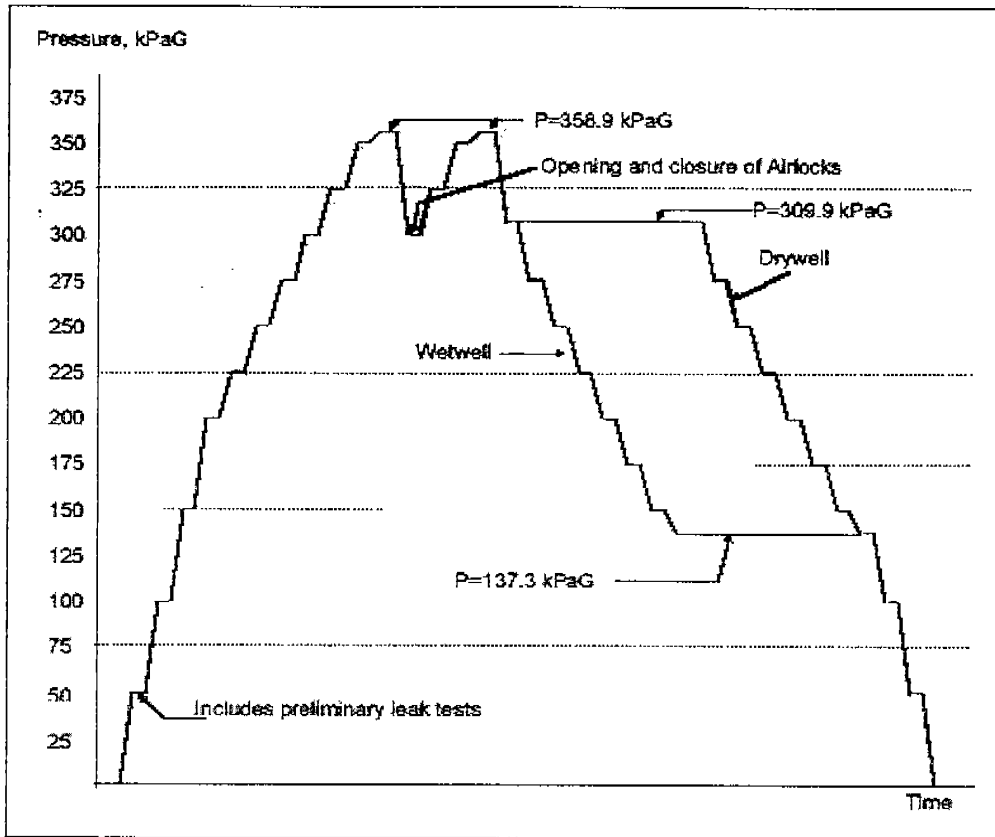


圖 2.3.1 加壓歷程圖

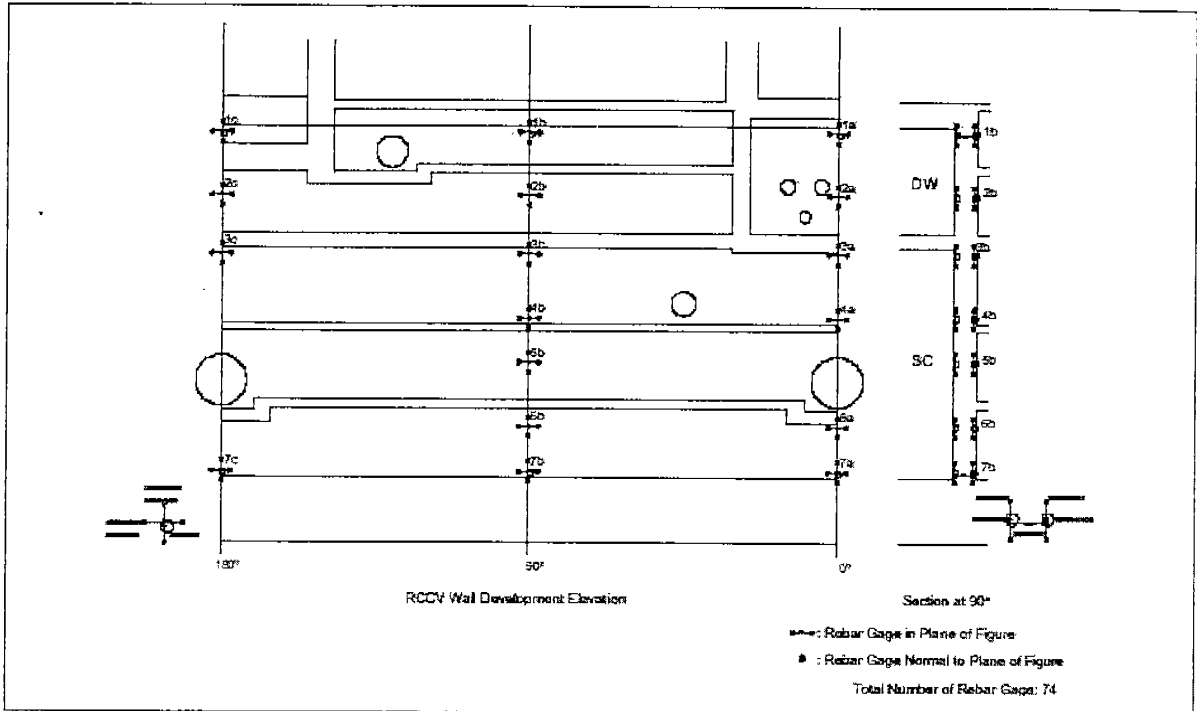


圖 2.3.2 混凝土應變量測位置圖(圍阻體牆)

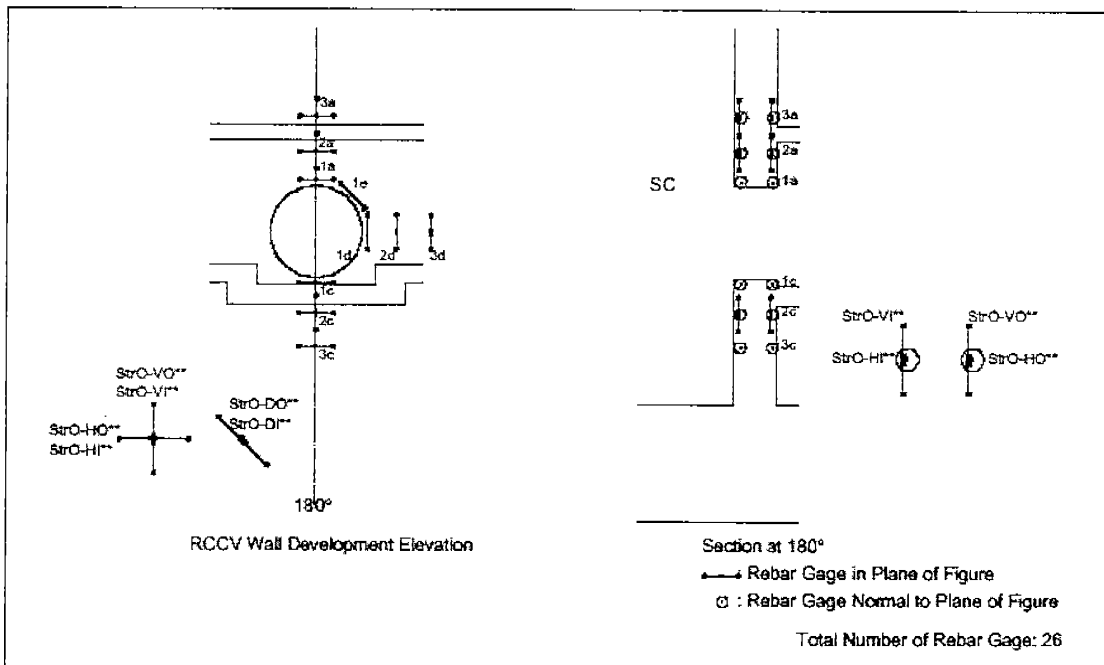


圖 2.3.3 混凝土應變量測位置圖(進出通道開口附近)

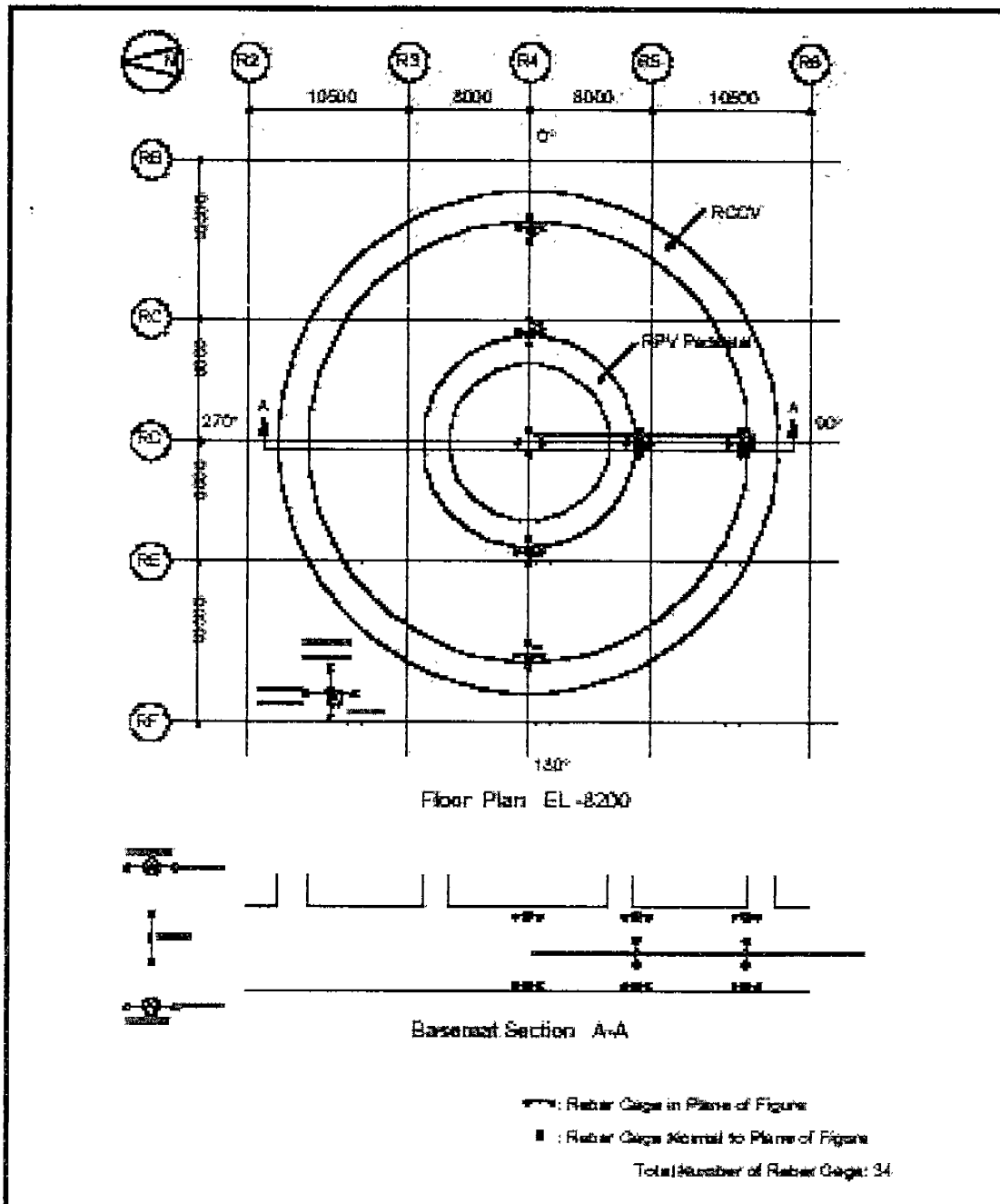


圖 2.3.4 混凝土應變量測位置圖(禱基)

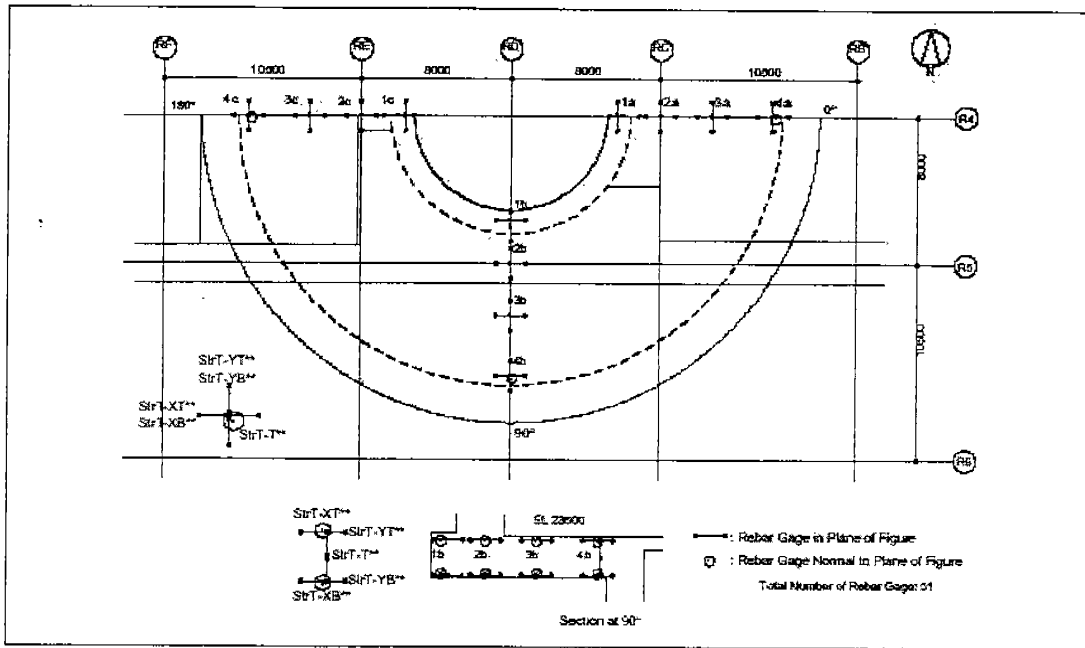


圖 2.3.5 混凝土應變量測位置圖(頂版)

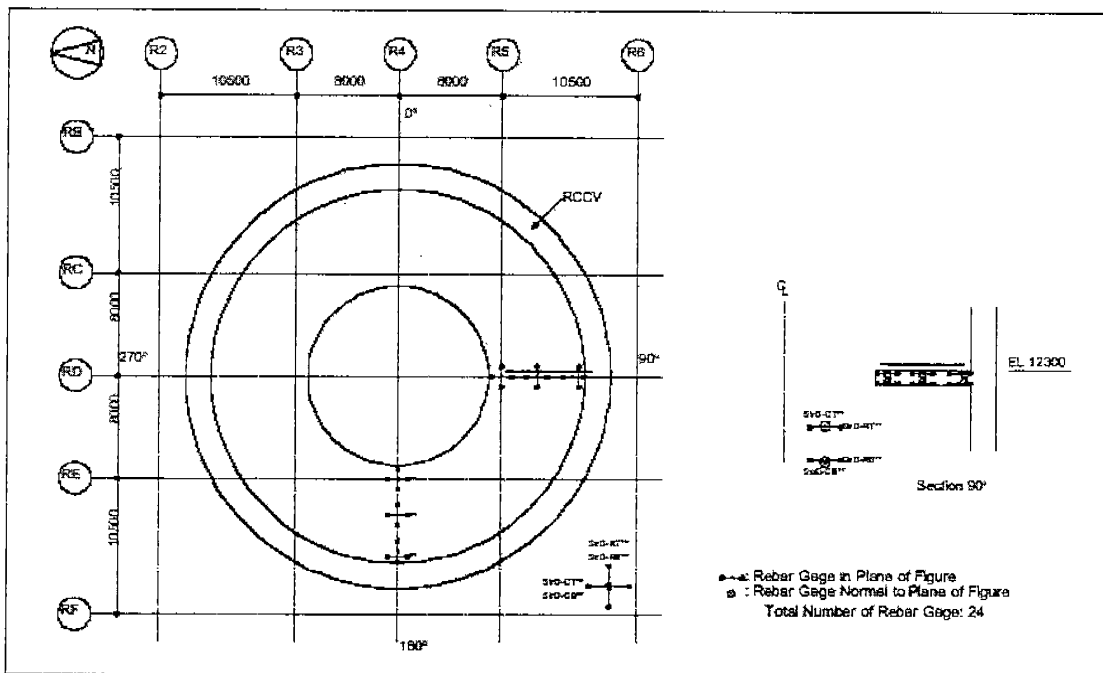


圖 2.3.6 混凝土應變量測位置圖(隔版)

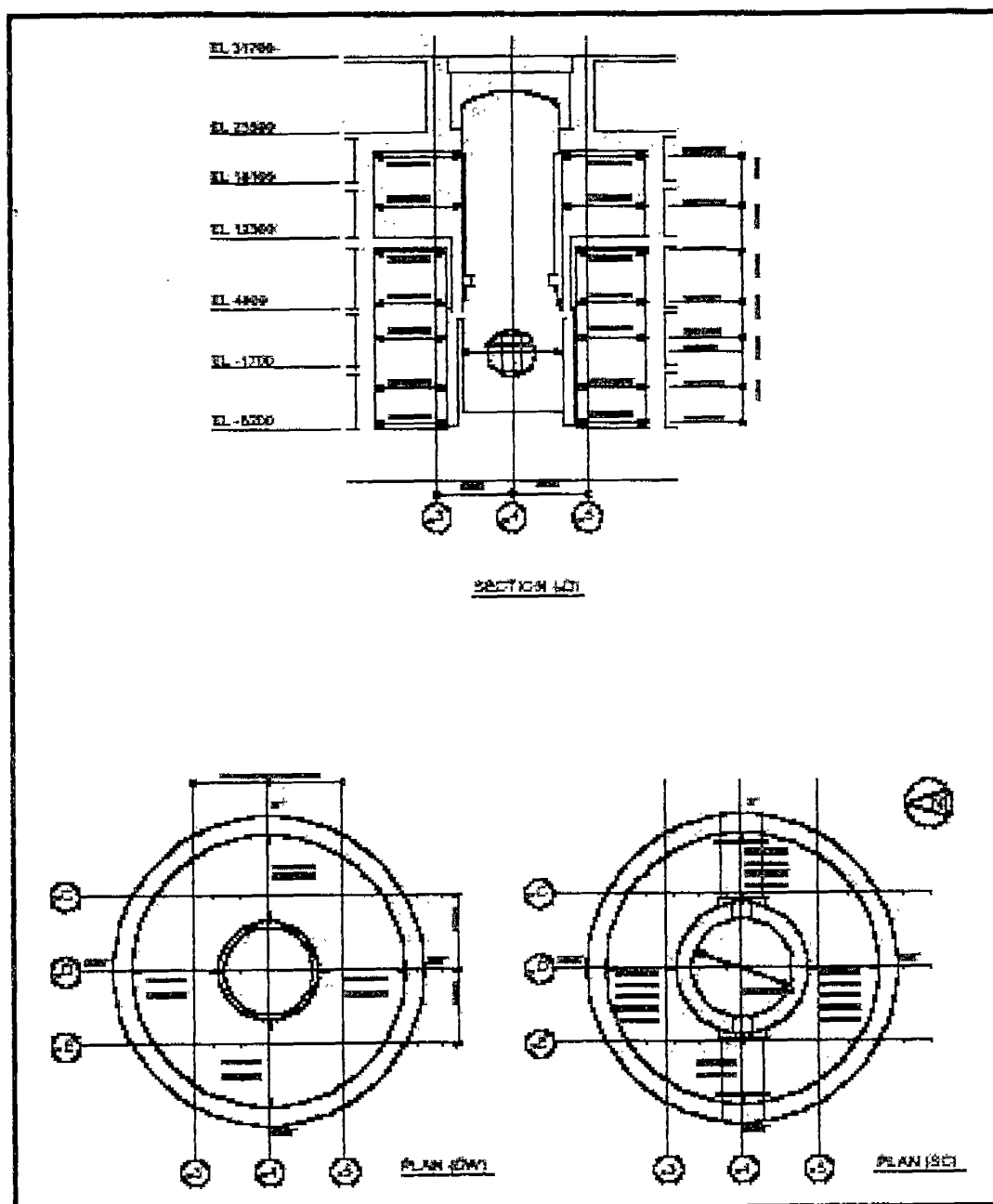


圖 2.3.7 位移量測位置圖(軸向變位)

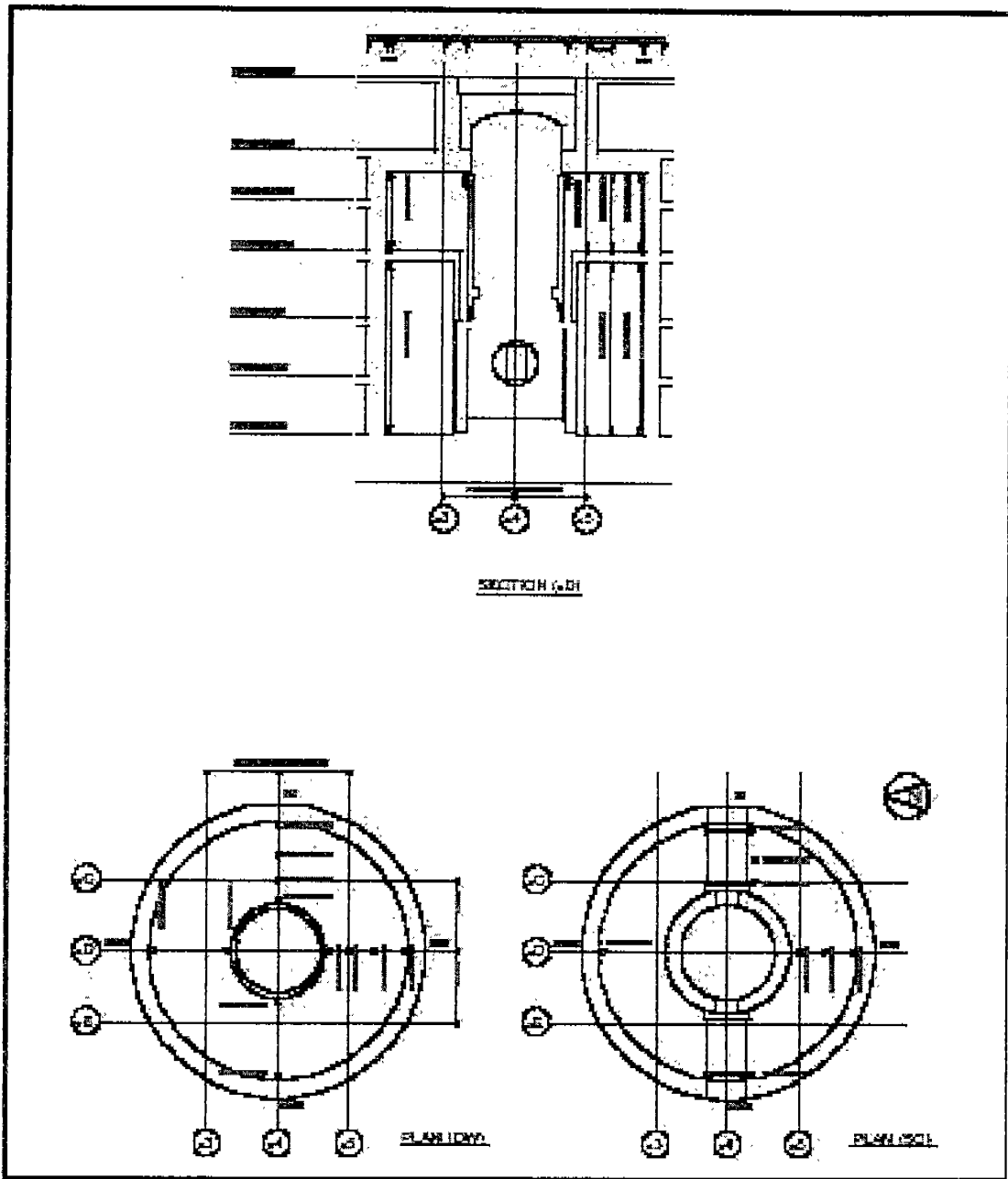


圖 2.3.8 位移量測位置圖(垂直變位)

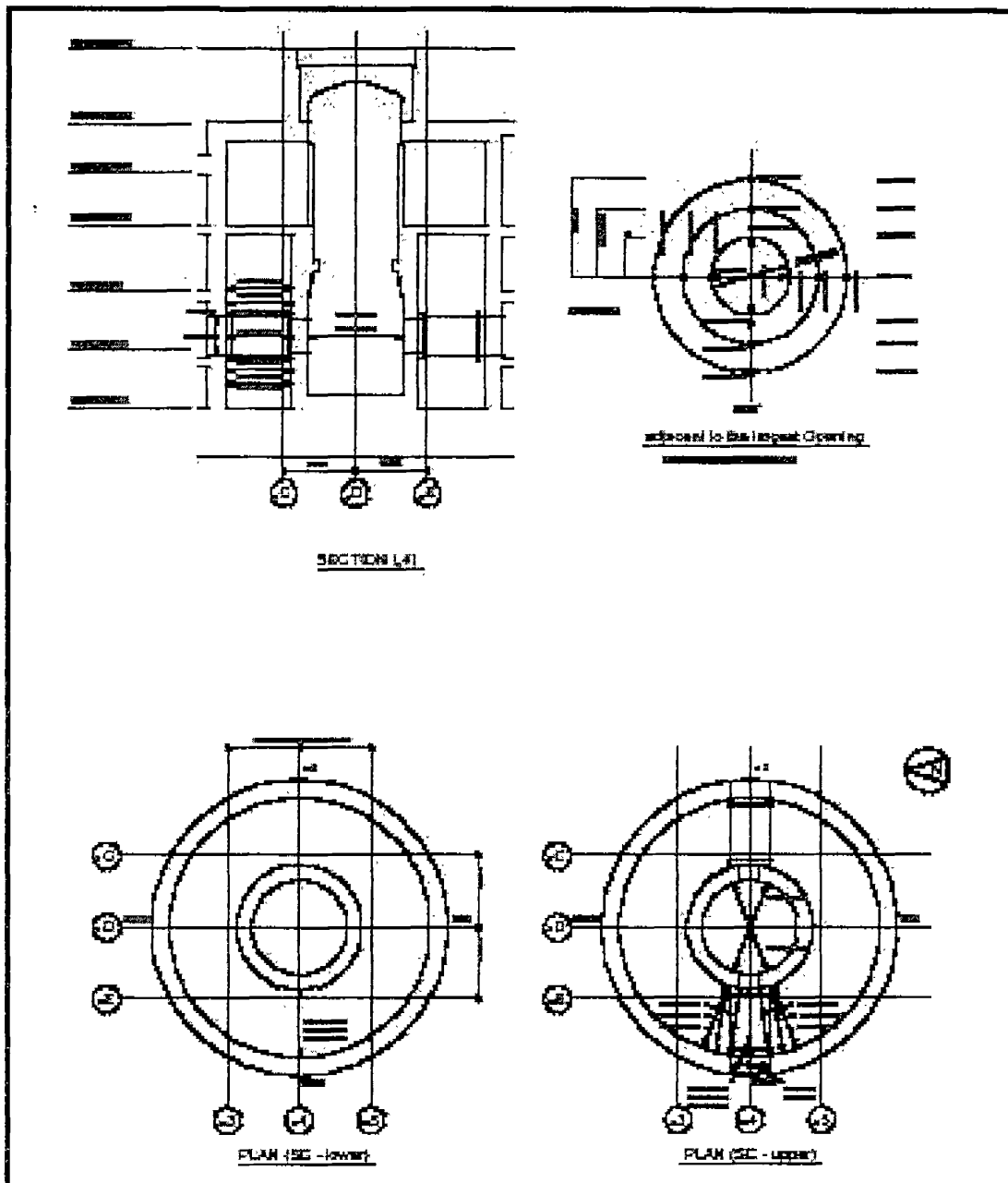


圖 2.3.9 位移量測位置圖(低乾井出入通道開口附近)

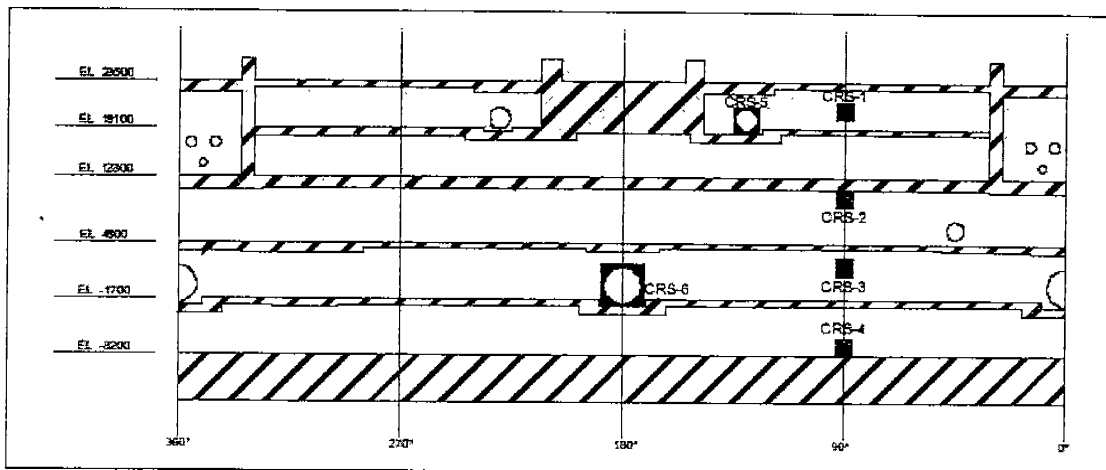


圖 2.3.10 裂縫觀測繪製區域(圍阻體牆)

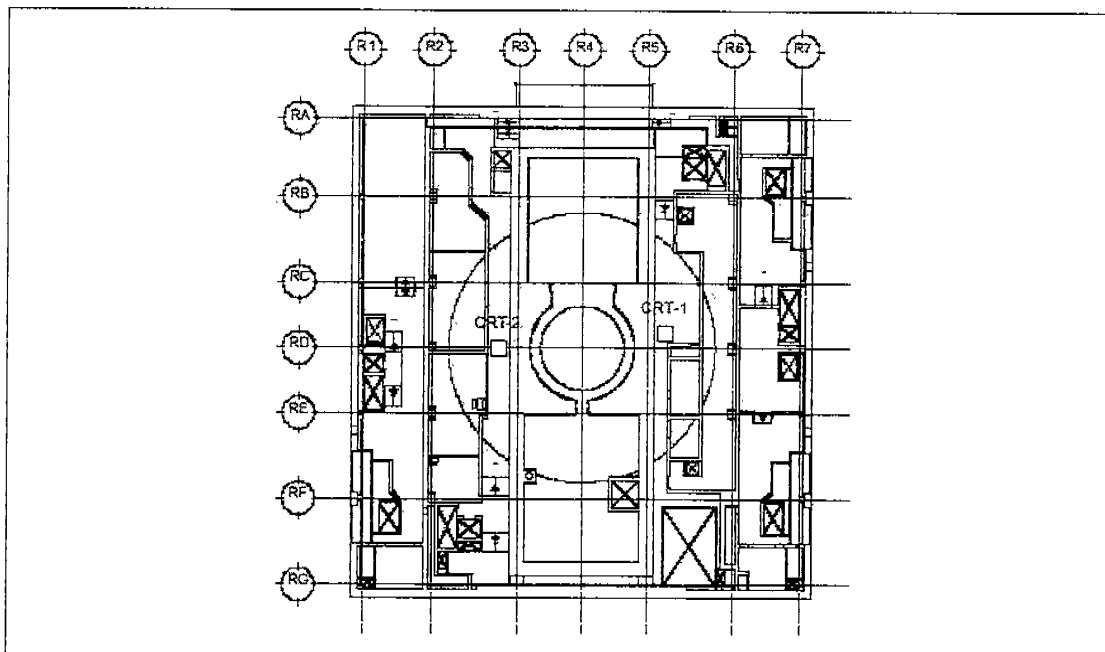


圖 2.3.11 裂縫觀測繪製區域(頂版)

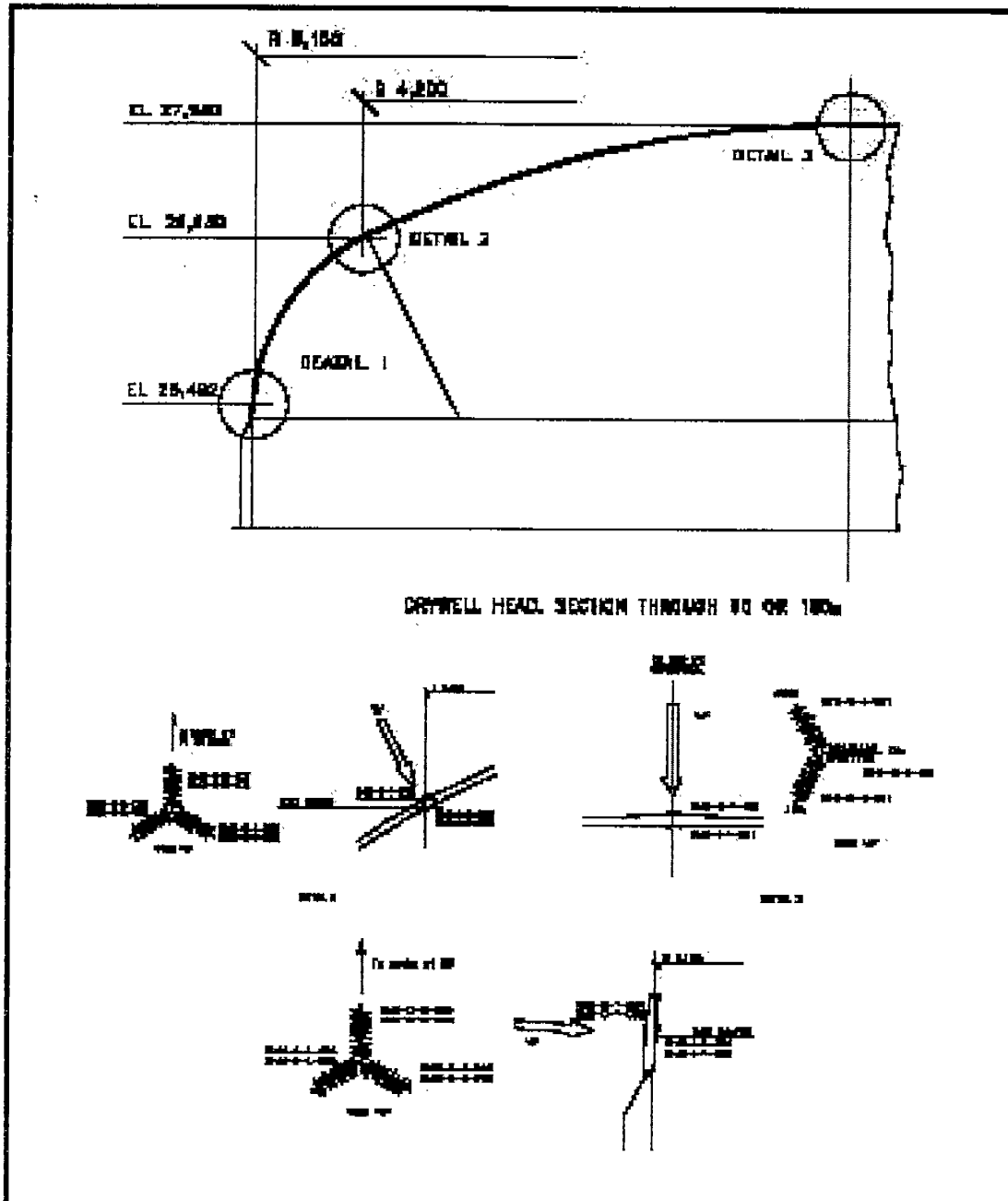


圖 2.3.12 乾井頭金屬組件應變觀測

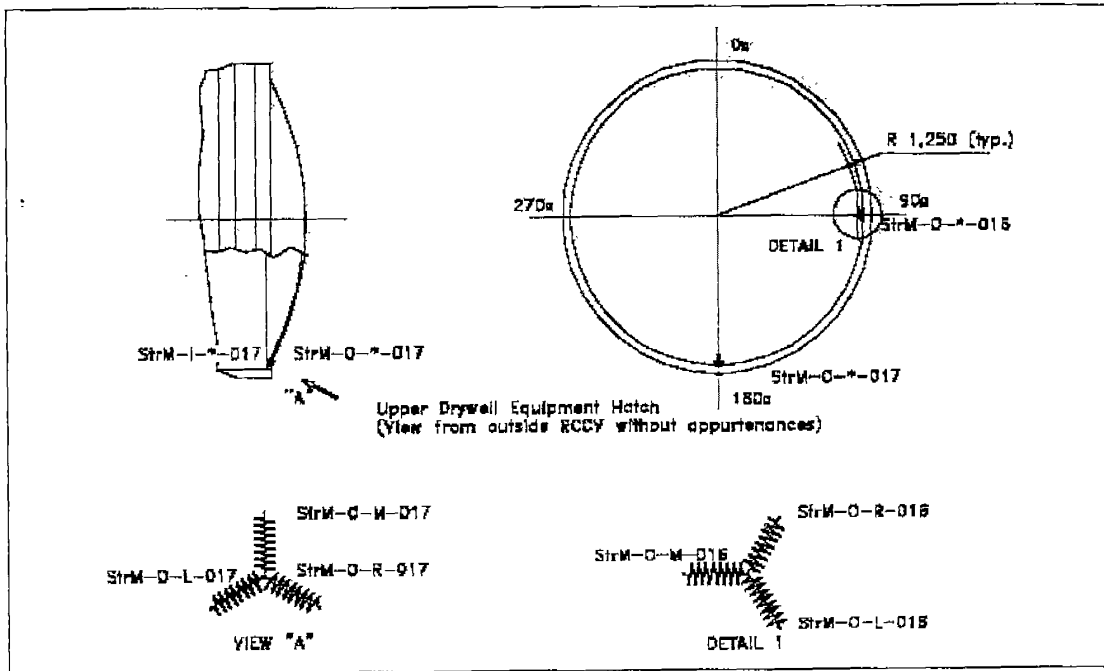


圖 2.3.13 上乾井設備出入口金屬組件應變觀測

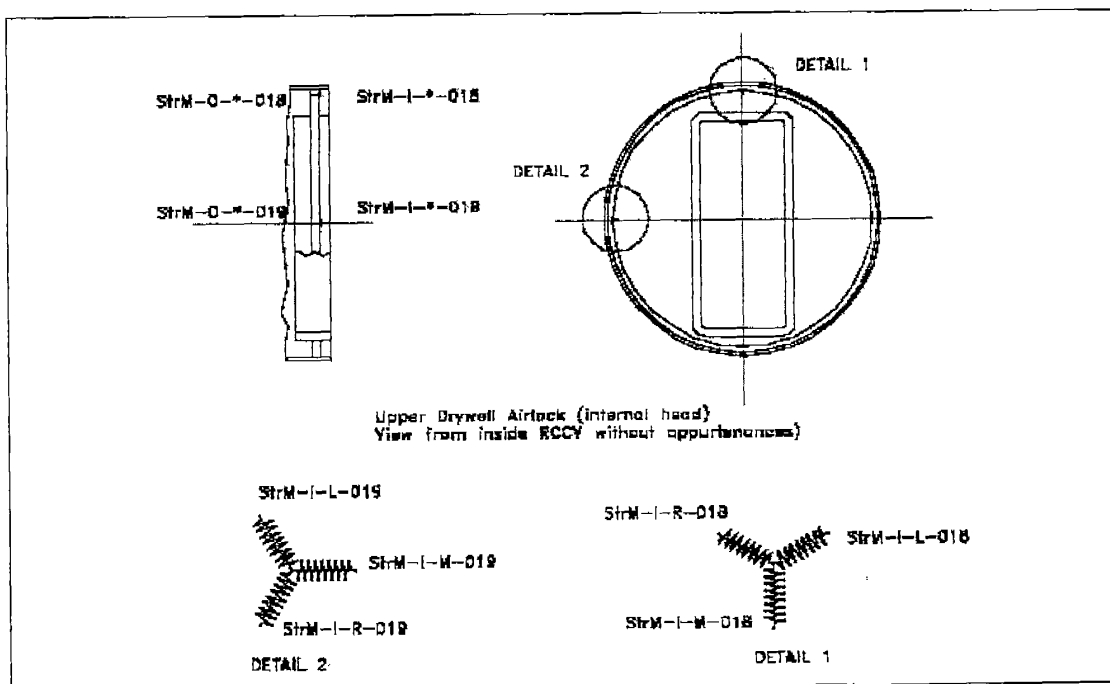


圖 2.3.14 上乾井氣密室內側金屬組件應變觀測

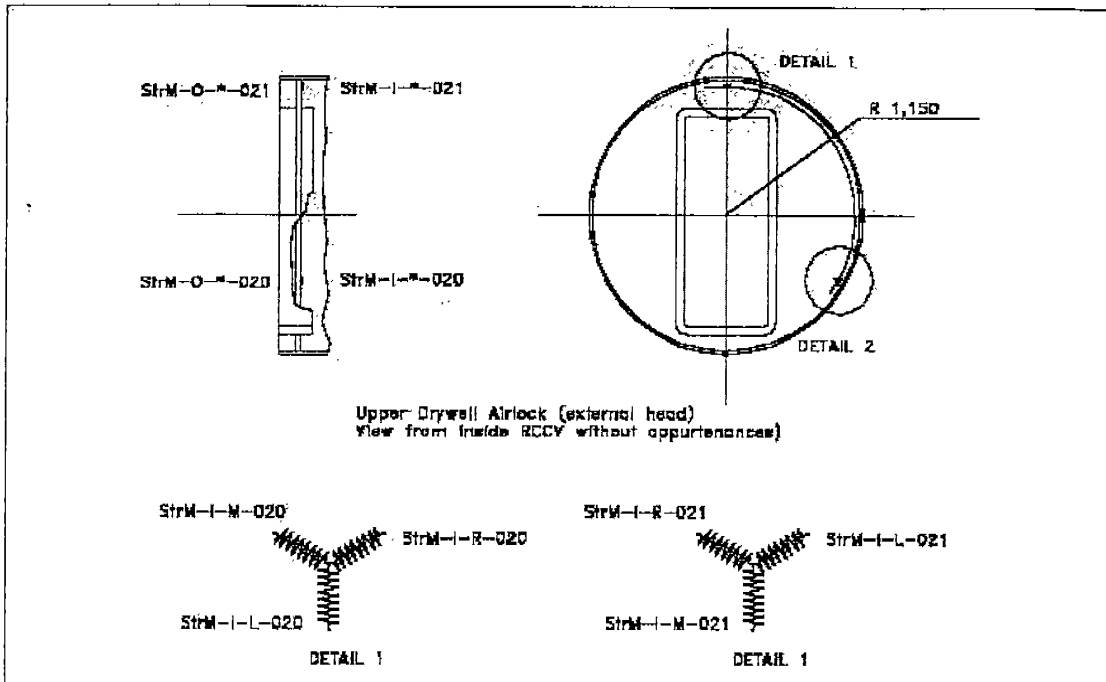


圖 2.3.15 上乾井氣密門外側金屬組件應變觀測

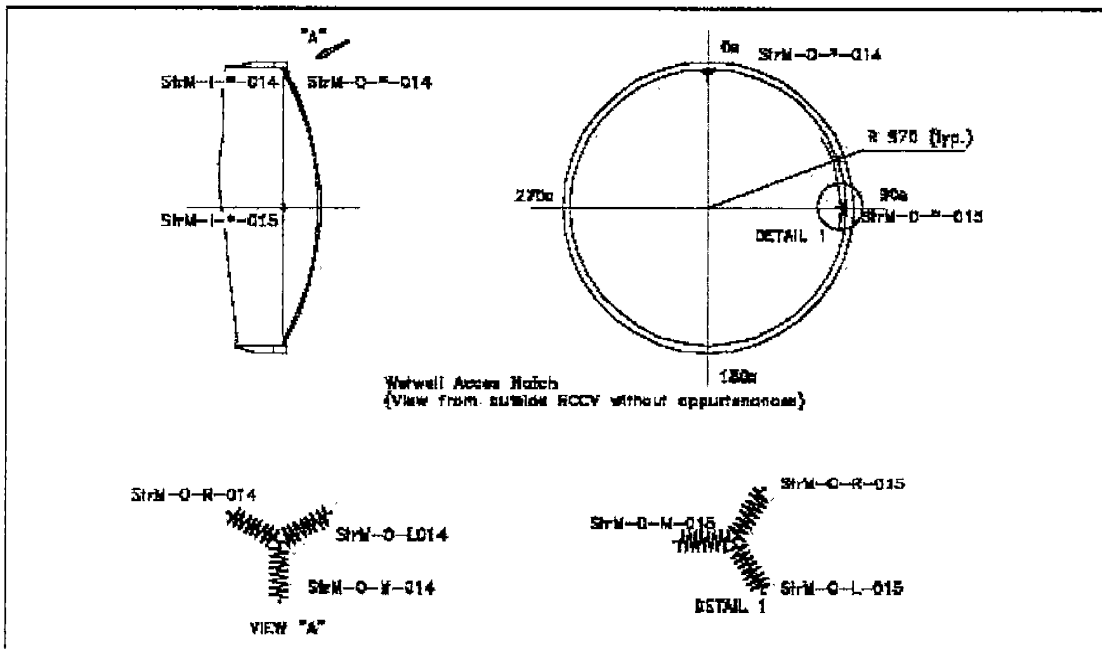


圖 2.3.16 濕井設備出入通道金屬組件應變觀測

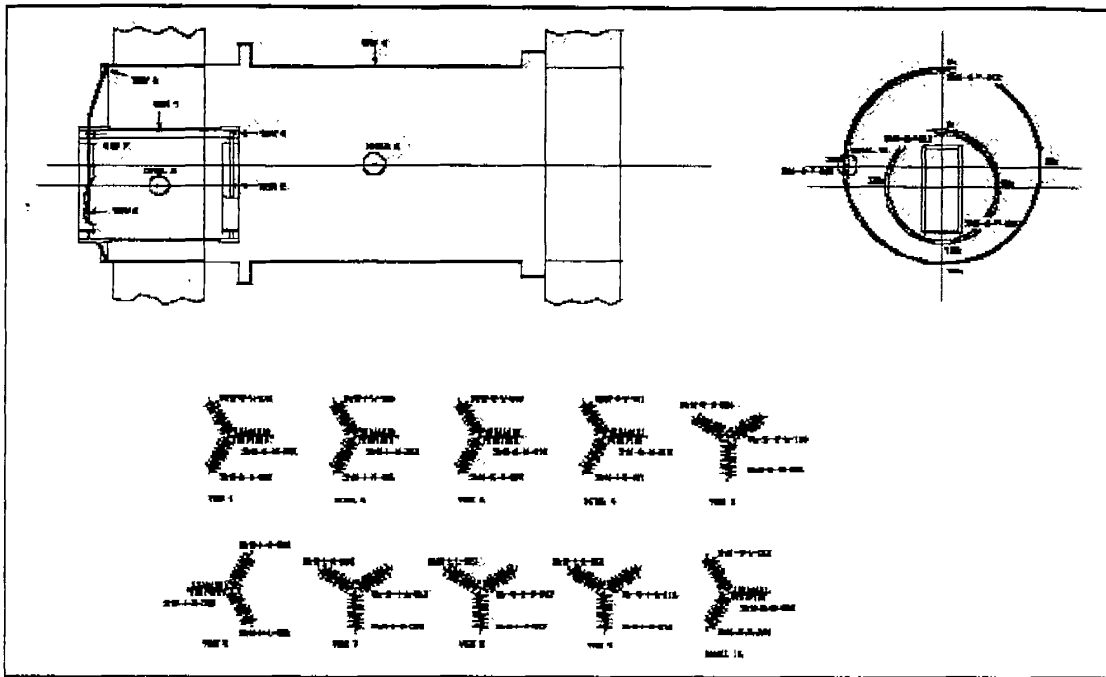


圖 2.3.17 下乾井人員氣密室及進出通道圖

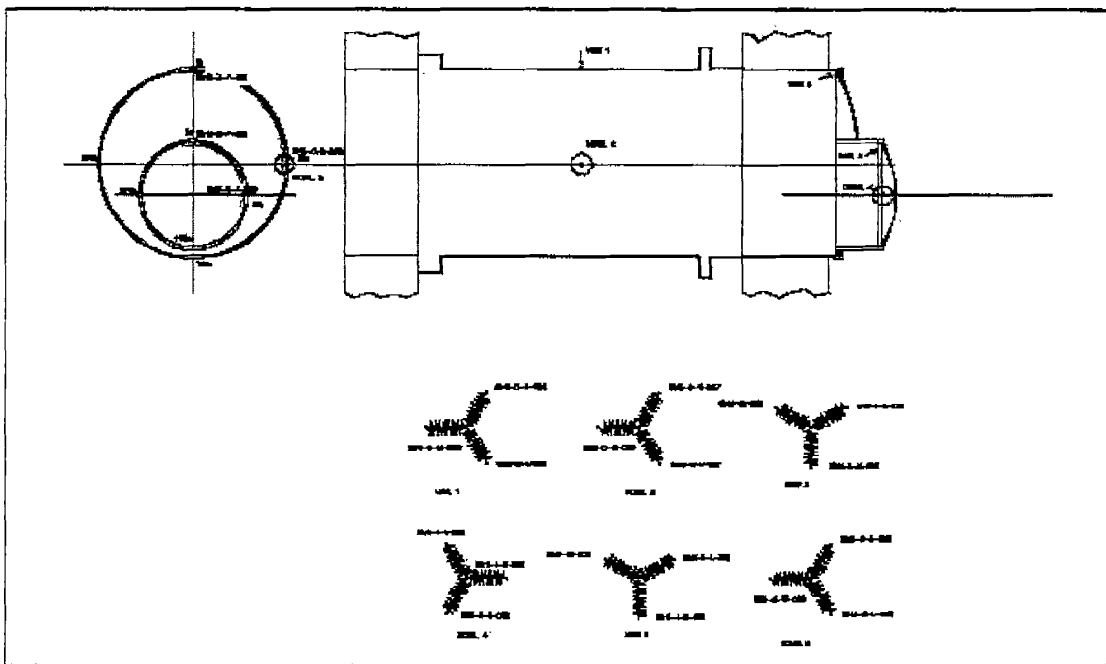


圖 2.3.18 設備出入通道金屬組件應變觀測

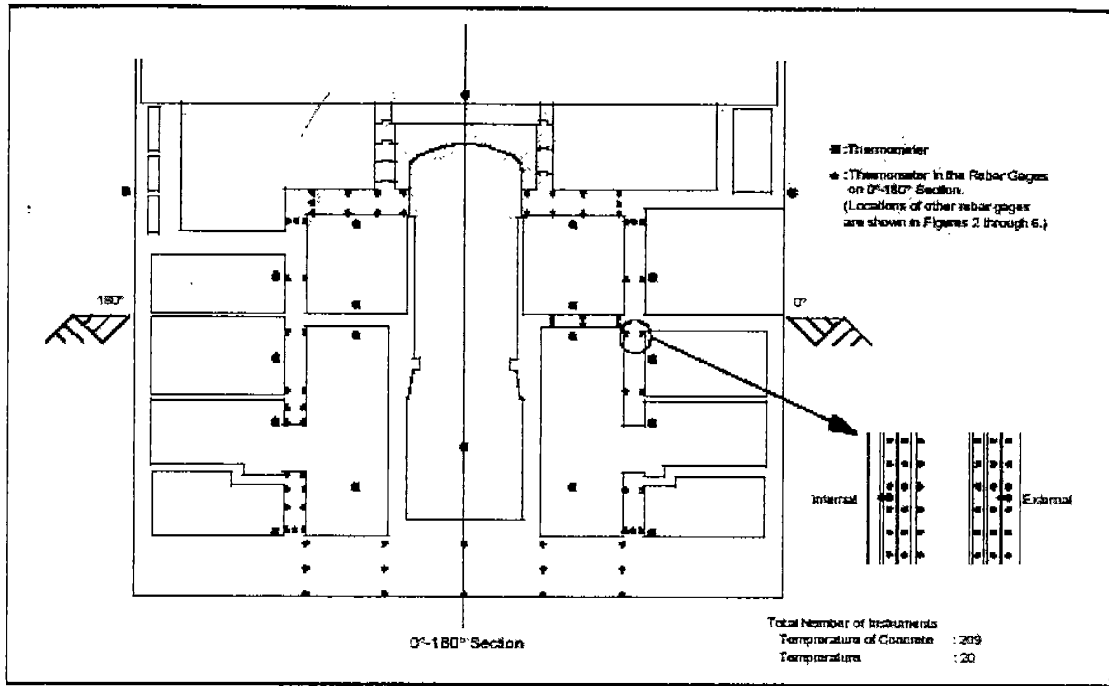


圖 2.3.19 溫度量測點位置圖

三. 出國期間所遭遇之困難與特殊事項

職此次承蒙各級長官愛護，提攜幸獲指派赴美、日研習「鋼筋混凝土包封圍阻體結構完整性試驗技術」。

在這難得的研習之後無論對本身職掌業務或個人見聞皆有鉅大收穫，當職置身美國、日本積極充實核能知識時，充耳所聞有關國內外重大核能或者電力方面的新聞，從日本 K6、K7 核能廠的公投風波、美國加州因電力自由化引發電源不足以致無預警停電及電價調漲事件、布希總統發表能源政策報告、國內第四波電力開放、核四總顧問所在地東科大火、監院通過停建核四糾正案但不彈刻劾.....等仍令我震撼不已，也更加重了此次研習之責任。

一個人置身國外，內心仍掛念台灣一事一物，能有機會得知國內消息，無論是何管道，舉凡報紙、電視、連接國內網站等，一有機會，絕不放過。在不熟悉的環境下尋找最熟悉的感覺，夾雜充溢在實習的行程中，激蕩著幾許的心得聊備於后，也許能供某些有心人一絲參酌之處。

在此次出國期間因接待單位事先充分的聯繫及體貼的接待，加上前往國家俱為先進地區，所以基本上並無遭遇太大困難之處，反倒是再一次深刻體認核能工程之完整嚴謹與無懈可擊。

參與核能建廠工作，從專業訓練，熟悉法規至實際參與興建已近十年，雖然對核能工程的嚴謹、品保制度的完善及法規的要求，早具有很深刻的印象及必須確實執行的概念，惟對核能工程的設計環節，因係外國顧問公司執行對設計單位及流程總有些好奇，尤其當工地遇設計滯礙難行或錯誤必須修正設計以符實際之情形，設計公司如何因應更渴望有所了解，此外對核能法規要求之緣由及其合理性，也常有隔層紗似的不透明感，一種不知其所以然的感覺，若非經此次有機會到美日來研習鋼筋混凝土結構完整性試驗技術，實際置身其中無法了解。從此次研習過程中充份體認核四工程合作的夥伴們確實是一流的，無論設計要求、設計管制、成果紀錄、數據評估均有一套嚴謹流程及作業管制。

對於法規在建廠過程中之要求更是其來有自，只有多費心綜合各項資訊必能撥雲見日了解其重要性。以本次研習的主題，雖是法規規定的試驗亦是本處申請數年的研習課題，但對照前些日子，核三廠的三 A 事故，假設五#EDG 未能啟動，DC 亦失效或各項蒸汽閘及水閘無人操作等，則最糟之情況發生時，本研習標的「鋼筋混凝土包封圍阻體 (RCCV)」可就真的得派上用場了。而核能四廠的 RCCV 是否經得起考驗呢？本次研習的主題：結構完整性試驗則是接受與否的唯一標準。由此可見，法規之規定有其必要性，而無意間，也提示了本次研習之重要性。

四.對本公司的具體建議

一、工程資料應有計畫整理、彙整發表

核能工程設計、施工嚴謹，無論品保制度或是施工經驗皆有足資工程業界參考之處。如何將此優良之施工經驗保存及傳承，職以為最好的方法莫過於以各專題的方式將施工資料記錄彙總整理並於各工程期刊發表。以職此次赴美、日研習為例，只要是主題明確之作業項目，他們幾乎皆可提出在國內或國際工程研討會已發表的專題報告，也使得各項工程經驗記錄均能廣為流傳保存，甚至昇華為該公司的智慧財產，建立各公司之品牌形象。投資逾 1700 億的核四建廠工程，除了提供國人及台電兩部大型基載電力機組外，對於國內工程界是否也該多留下一些貢獻呢？

二、公營事業的自由化需大智慧之政府決策者以惠民為利基規劃執行

職七年前亦曾奉派至美國實習，昔日之美國可直撥的國際電話不多，只能在機場中甚至出境通關後才找得到。最常見的是透過接線生，費盡唇舌並投下大把銅幣後才能完成以國際電話回報之任務。而今美國當地的預付卡或者台灣帶來的預付卡在美國各地任何一個角落皆可輕鬆按鍵完成打國際電話的動作，方便程度不可同日而語，價格更是以前的 1/10 不到。然而，上回美國之行，美國電力充裕，以致新電廠的計畫幾乎全告停擺，加州也在行政及立法毫無異議下通過電業自由化；此次至美國加州來，到達前兩日適逢加州南部無預警輪流停電，第二日恰逢加州電力漲價方案公布，平均漲幅 19%，最高 80%。前任州長承認電業自由化是任內最失敗的政策；布希總統也在次日公布新能源政策。正當國內許多公共事業亦正逐步進行民營、自由化的時刻，美國當地報紙正充斥著當紅綠燈失去作用時，十字路口四邊停車輪流再開、水價因電價漲價計畫調整、乾淨煤是否真的乾淨以及各行業適用之漲價費率是否合理……等。以美國為前車之鑑認公營事業民營化及自由化之成敗，不僅僅是一個企業式公司的經營成敗，更對全國每位國民未來生活是否會較便利或負擔反而更重的全面性影響。對於恰置身美國停電、電費暴漲的風暴中，身為台灣電源供應者的從業人員之一，心中不禁祈禱台灣的決策者能引導我們走向正確的方向，也希望我台電公司的專業經理人與全體台電員工能齊心齊力，不僅能打贏自由化、民營化的一仗，更能脫胎換骨成為台灣電業中最大最強及永久經營的第一品牌，並提供全台優質價廉的電力。

三、核四工程設立專屬網站及信箱

在網際網路如此發達的時空環境中高喊 e 化的企業不勝枚舉，但本工程卻未能對核四議題產生質疑的民眾提供簡單如”B to C”的解惑管道及資訊，徒增不正確的資訊為人所利用及擴散殊為可惜；如能專設網站介紹及分析正確的核能與電廠資訊，藉專人專件回答民眾 e-mail 的方式（先以電腦設定首封回函樣式，告知問者已收到其訊息，再由專人每日蒐集問題經各單位彙整完成後再專函回答）建立核能專業、先進、科技形象，無論執政者是否對核能利用已有定見，亦不論百姓贊成核能發電的比例有多寡，利用正確、迅速、專業的科技工具建立與百姓透明互動連繫管道之政策，應該是核能或興建電廠從業者刻不容緩的首要工作。