

核四廠一號機反應爐基座第二層
(EL+4500mm) 以上混凝土澆置專案視
察報告

原子能委員會核能管制處

中華民國九十四年七月四日

目 錄

壹、前言	1
貳、工程概要說明	2
參、澆置計畫說明	3
肆、鋼結構作業品質查證	5
伍、混凝土澆置前視察	10
陸、混凝土澆置中視察	13
柒、混凝土澆置後視察	16
捌、綜合結論	19
附圖	22
附件	29

核四廠一號機反應爐基座第二層（EL+4500mm） 以上混凝土澆置專案視察報告

壹、前言

核四工程歷經停工後復工，至今施工總進度已達 50% 以上，攸關核四工程重要里程碑的反應爐壓力容器吊裝作業，終於今（94）年 3 月 20 日順利完成，象徵著核四工程邁入一個新的里程，完工亦是指日可待，然而原能會基於核能安全管制監督的職責，任何與安全及品質有關的施工作業，原能會都將列為管制項目。反應爐壓力容器吊裝作業即為重要管制項目，甚至於反應爐壓力容器座落的反應爐基座、生物屏蔽牆及提供側向結構支撐的隔膜地板，其結構安全與品質亦為原能會所關切管制的作業項目。

原能會基於結構安全上的考量，對於核四工程主要結構—鋼筋混凝土結構工程，已數次邀請學者專家辦理土木結構相關之專業團隊視察，且為使混凝土澆置視察制度化，於九十一年九月二十七日完成「混凝土澆置作業視察導則」之編定，作為執行土木施工作業之混凝土品質視察之依據及參考。

鑑於核四廠反應爐壓力容器的結構支撐—反應爐基座，係安全相關且須符合安全停機之地震要求結構，支撐有如人的心臟的核反應器，其重要性可想而知，故於九十三年十二月起陸續配合一號機反應爐基座（RPV Pedestal）第二層（EL+4500mm）以上包括基座本體、不收縮水泥漿壓力灌漿及隔膜地板（Diaphragm Floor）的混凝土澆置時程，對該結構物展開專案視察。由於基座整體結構包含鋼結構與混凝土兩部份，整個視察作業以混凝土澆置作業的執行及完成分為澆置前、澆置中及澆置後等三階段，而澆置前就鋼結構之銲接作業程序是否周延加強查證，以避免混凝土澆置後有無法挽回或影響品質的情形發生。視察執行方式則採人員訪談、文件審查與現場巡查來進行。

貳、工程概要說明

核四廠核島區廠房結構工程係由新亞建設承攬，而反應爐基座之製造與安裝係此工程中之一部份，依核四廠初期安全分析報告（PSAR）之規定，基座之製造與安裝需符合 AWS D1.1 的規定。由於新亞建設並無充分之大型鋼結構體銲接製造及安裝施工之經驗及能力，因此，將基座之製造與安裝由下包商-中船公司來承製此項工程。基於品保作業要求，於廠製作業階段時，新亞及台電公司均派員常駐中船公司執行品質檢驗作業。

反應爐基座為一環形鋼構混凝土結構體，整體高度為 20.5 公尺，外徑為 14 公尺，內徑為 10.6 公尺，係核四廠一次圍阻體系統內部結構之一部份，根據核四廠初期安全分析報告本基座屬安全相關耐震一級結構物，其主要功用為提供反應爐壓力容器（RPV）、反應爐生物屏蔽牆（RPV Shield Wall）、下乾井（Lower Drywell）人員及設備進出通道、隔膜地板（Diaphragm Floor）、抑壓池水平逸氣管以及下乾井維修平台等之支撐，其與一次圍阻體內主要結構及反應爐之相對位置如附圖一。

根據核四廠的設計資料，核四廠反應器在正常運轉時，重量約為 2885 噸，而停機大修時，最重可達 3590 噸，均由 RPV 基座承載。而反應爐基座之鋼結構部份總重量約為 938 噸，主要由內外側各一之同心圓鋼殼及垂直隔板等構造銲接組合所構成。在內外側同心圓鋼殼夾層之間，除預留的逸氣管外，其餘空間則在組裝定位並檢驗完成後澆置混凝土。

基於製造與運輸之考量，反應爐基座鋼構之製造分五層進行，第一層最高為 12.7 公尺、第二層 2.2 公尺、第三層 2.02 公尺、第四層 2.38 公尺、第五層 1.2 公尺，本次視察基座部分即為第二~五層部分（EL+4500~12300mm）。另外構造為強化鋼筋混凝土，作為上乾井與濕井分界的隔膜地板，係由反應爐基座及圍阻體牆支撐，並被 18 個直徑 508mm 的 SRV 套管穿越的水平樓板，對於反應爐壓力容器之座落具有水平側向支撐的結構能力，亦為此次專案視察的範圍，同時對

現場許多無法一次澆置完成的局部區域，採不收縮水泥壓力灌漿填補的作業，亦進行加強查證以求視察完整性。

參、澆置計畫說明

核四廠反應爐基座鋼構為內、外兩同心圓鋼殼所圍成之一深桶狀結構，在內、外兩同心圓鋼殼夾層之間，由隔板分割成二十個隔艙，在澆置中人員無法進入。依核四廠反應器廠房之施工技術規範規定，屬輻射屏蔽的混凝土（Radiation shielding concrete）定義為 Type I 型之重質混凝土，其單位重需大於 2.24t/m^3 。並規定 RPV 基座內填充之混凝土為 91 天齡期，其設計抗壓強度為 4000psi。隔膜地板則與鋼筋加強混凝土包封容器牆（Reinforced Concrete Containment Vessel Wall 簡稱 RCCV Wall）相同，採用 91 天齡期設計抗壓強度 5000psi 之混凝土。依前述基座作業環境乃選用混凝土配比為流動化劑的強塑性混凝土（Superplasticized Concrete），以增加混凝土流動性，提高澆置工作度，並應滿足 ASTM C1017 的規範要求。整個反應爐基座分四次澆置混凝土，第一次澆置第一層（EL-8200~+4500mm，已於 93 年 8 月 23 日完成）；第二、三次則將基座第二至五層分內圈及中、外圈兩次澆置，澆置高程為 EL+4500~12300mm 之間，於 93 年 12 月 28 日及 94 年 1 月 10 日進行；第四次則為 EL+7000~8210mm 之 RPV Support Frame，於 94 年 2 月 6 日進行，另外包含一號機隔膜地板則於 2 月 12 日（農曆大年初四）完成混凝土澆置等，視察澆置作業概況如下：

一、視察範圍

（一）一號機反應爐基座第二次澆置（第二至五層內圈 EL+7000~12300mm）

（二）一號機反應爐基座第三次澆置（第二至五層中、外圈 EL+4500~12300mm）

（三）一號機反應爐基座第四次澆置（RPV Support Frame EL+7000

~8210mm)

(四)一號機隔膜地板 (EL+11100~12300mm)

二、混凝土配比設計

一號機反應爐基座第二~四次澆置之混凝土配比編號為 DHII-9.5-21-F15-C 之強塑性(流動化劑)混凝土；一號機隔膜地板採用之混凝土配比編號為 EII-19-15-F15-D，主要設計資料如下表：

DHII-9.5-21-F15-C：如附件一

設計齡期	抗壓強度	坍度	最大粗骨 材粒徑	混凝土溫 度上限	單位重
91 天	4000psi	21± 1.5 cm	9.5 mm	21℃	2.243t/m ³

EII-19-15-F15-D：如附件二

設計齡期	抗壓強度	坍度	最大粗骨 材粒徑	混凝土溫 度上限	單位重
91 天	5000psi	15± 2.5 cm	19 mm	21℃	2.243t/m ³

肆、鋼結構作業品質查證

一、一號機反應器基座第二~四次混凝土澆置鋼結構部分視察

本次反應器基座混凝土澆置視察在鋼結構安裝作業品質之查核重點，除就基座第二至五層澆置範圍之安裝與銲接作業品質紀錄文件進行抽查外，亦針對第五層 WN210 銲道修補、SRV VENT PIPE 安裝及乾井真空破壞閥管路(VBP)非破壞檢測疑慮 NCR 案等，本會歷來視察發現缺失與混凝土澆置後無法再執行或改正之施工作業進行深入之查核，以確認現狀與改善作業之完整性。視察結果顯示除發現乾井真空破壞閥管路(VBP)非破壞檢測疑慮 NCR 一案，經施工處緊急協調廠商依改善措施，補充檢測驗證證明資料後，方完成結案程序之情形外，其餘各項目之查核結果，均符合相關作業要求標準。以下摘述視察作業執行情形及結果：

- (一)查核基座第二至五層組裝後檢驗紀錄(表號：M046，編號：龍施土 022-M046-014)，其於 93 年 10 月 29 日由新亞公司簽發，施工處品質課檢驗人員亦於同日簽署檢驗合格之紀錄，然工程主辦部門汽源課檢驗人員卻於 93 年 12 月 27 日才完成檢驗紀錄之簽署，由於檢驗紀錄簽署之時間流程，與三級品管要求之程序與精神有所出入，施工處宜了解原因並加以改正。
- (二)查核中船公司基座第五層銲後成品尺寸自主檢查與施工處驗收檢驗紀錄(半徑、高程、水平、垂直度、弧度及真圓度等)，中船公司於 93 年 12 月 25 日進行自主檢查，施工處於 93 年 12 月 27 日完成驗收檢驗作業，比較兩者之檢驗結果雖有些差異，但均在規定之檢驗標準公差內。
- (三)查核基座第三層反應器支撐架(RPV SUPPORT FLANGE)螺孔鑽孔後施工處驗收檢驗紀錄，施工處共抽檢 24 孔(全部 120 孔)，檢驗內容包括孔位之高程與半徑、螺孔垂直度及角度偏差等，均符合奇異公司所提安裝規範要求。
- (四)基座第三層反應器支撐架因有部分銲道之板厚超過 70mm，依

規定此種鐸道鐸後需進行鐸後熱處理，查閱熱處理紀錄(PWHT-930817&18)，其於 93 年 8 月 17 及 18 日進行兩次鐸後熱處理，查核其熱處理溫度記錄表，其升溫率：52°C/hr，降溫率：65°C/hr，持溫溫度與時間：610~620°C，2.6hr，符合程序書：最大升溫率：52°C/hr，最大降溫率：68.89°C/hr，持溫溫度：593.3~648.89°C，持溫時間 2.5hr 以上等之限制與要求，其溫度記錄器校驗經查核證明符合每年定期校驗要求。

(五)查核基座第五層鐸道 WN210(1~20 區段)鐸接檢驗與非破壞檢測紀錄，其檢驗紀錄詳實，各區段鐸道缺陷經核對均已完成修補及再檢測作業。

(六)SRV VENT PIPE 共計 18 支(31113-1B21-M8009,11~45)，其藉由鐸接於內鈹或肋鈹上之各個管支架係安裝於基座內外鈹間，一端穿越基座第一層外鈹進入溼井，一端連接 SRV。其製造時先於工地之預製廠分段進行鐸接組合，並於水壓試驗合格後再吊入基座內安裝定位。除查閱其鐸接檢驗紀錄及非破壞檢測報告外，亦查核其壓力表校驗文件與水壓試驗紀錄，確認其測試參數符合規範(測試壓力： $>57\text{kg/cm}^2$ ，於持壓 10 分鐘並降壓至 36kg/cm^2 後，目視檢視各接頭鐸道是否有洩漏現象，查核結果均符合要求（如附圖二、三）。

(七)乾井真空破壞閥管(VBP)位於基座第二層，其徑向穿越基座之內外板，以支撐位於溼井之乾井真空破壞閥，並提供閥與乾井連通之孔道，其應依 ASME SEC III NF 章節之規定進行製造、安裝及檢驗等作業。在本會視察其安裝作業文件時(93 年 12 月 2 日)，曾發現有鐸道非破壞檢測作業使用儀器不符合 ASME 法規要求，其後續改正作為不符合品保權責要求，即將該 NCR 案件結案，經本會要求施工處才同意重新進行檢測儀器檢測性能驗證等之情形。於查核檢測儀器檢測性能驗證執行紀錄時，發現檢測儀器檢測性能再驗證作業至查核作業執行

時(94年1月10日)仍未執行完成，由於本案成立至今已有一段不短之時間，執行儀器檢測性能再驗證作業應已相當充分，乃再訪談有關人員進行深入之了解，發現性能再驗證作業雖已於93年12月28日執行完成，但因施工廠家之授權權責檢查人員(ANI)對於再驗證作業仍有若干疑慮，加以其非破壞檢測主管人員未積極與之溝通，致性能驗證紀錄遲遲無法正式發出。由於本項未結案之NCR案件，將影響後續澆置作業執行之時程，施工處乃緊急協調廠商，依據ANI人員意見完成性能驗證有關作業與程序，並立即自中船公司高雄廠傳真正式發行之驗證紀錄文件至核四工地，方完成該NCR案件之結案程序。

混凝土澆置作業完成後，至現場巡視時發現除有部分工作人員正進行混凝土澆水養護工作外，亦有部分工作人員同時在執行基座第四層施工人孔之封銲施工準備作業（如附圖四），由於此兩項作業如同時進行對彼此之施工品質均會有不利之影響，加以現場查核時發現銲接施工廠家所依據之施工圖面與施工處所提送之圖面在銲後檢測要求有所出入，除現場請工作人員暫緩施工，請其先進行圖面版次與內容之再確認後，再進行人孔之封銲施工作業外，並立即通知施工處汽源及土木課針對發現之施工衝突現場進行說明及改正。本項視察發現，經施工處檢討後確認確有不符施工規範與程序之處，因此決定暫緩基座人孔封銲施工，以利混凝土養護作業，並對廠家之銲接施工圖面進行抽換。

二、一號機反應器廠房隔膜地板封板（SEAL PLATE）及剪力板（SHEAR PLATE）安裝視察

一號機反應器廠房隔膜地板於混凝土澆置前應完成之施工作業項目主要為：鋼筋排紮、埋板(共 302 塊)、DEPSS (DRY WELL EQUIPMENT&PIPING SUPPORT STRUCTURE，共 25 座)、SEAL PLATE 及 SHEAR PLATE 安裝等，其中前兩項由土木課負責，餘者由汽源課負責。以下摘述 SEAL PLATE 及 SHEAR PLATE 安裝等部

分之視察過程及結果：

(一)隔膜地板 (D/F) SHEAR PLATE 安裝銲接及 NDE 檢測

為避免 D/F 與基座出現滑移之情形，奇異公司於基座製造過程中，再度變更設計於第五層外板處，設置 160 只之 SHEAR PLATE(如附圖五)，由於此一新增加之設計係基座廠製階段完成後方才設計的，因此需於工地進行此部分之安裝作業。由於前述之設計時程，致使此新增之 SHEAR PLATE 設計以及其現場施工要求，僅規定於 D/F 之土木施工圖面中，且僅有土木課知曉此項施工作業，汽源課方面並不知有此項施工項目，加以土木課人員或因未能理解土木施工圖面對 SHEAR PLATE 之施工標示要求，或錯認此項施工責任屬汽源課應已知曉，致 D/F 鋼筋排紮作業開始前土木與汽源課進行施工協調時，汽源課才發現有此一仍未進行之施工項目。

根據 D/F 之土木施工圖面顯示 SHEAR PLATE 之銲道為全滲透形式之銲道，然因該圖面並未標示或另行註記銲道之 NDE 檢測要求，復考量其亦位於基座上，因此初步判斷其應依基座銲接規範(AWS D1.1)之檢測要求，執行 100%之 UT 檢測。但至現場巡視向施工人員詢問施工與檢測作業現況後，卻發現 SHEAR PLATE 之銲道僅需進行 10% 之 UT 檢測即可，由於此與基座之檢測要求慣例不同且施工圖面並未標示清楚，仍進一步請土木與汽源課進行澄清。

經土木課張股長提供施工處與奇異公司有關 SHEAR PLATE 檢測問題之往來文件資料後，確認 SHEAR PLATE 之 NDE 檢測要求，為依 N690 規定執行 10%之 UT 抽檢，至於 UT 檢測之技術要求則依 AWS D1.1 規定之檢測程序進行，然因 SHEAR PLATE 之寬度不足，致 UT 檢測之探頭檢測角度，無法以 AWS 規定之 70 度角之檢測探頭對銲道區域進行 100%之掃描，因此設計單位奇異公司又進一步變更對檢測用探頭角度之要求，改以 60 度之 UT 探頭進行檢測。

由於 SHEAR PLATE 屬 DF 樓板之部分，因此檢測作業由新亞公司負責執行，而新亞公司則另行發包交由中檢公司分兩次執行檢測作業。查核第一次檢測之紀錄，發現檢測過程中施工處 NDE 股之人員

均在場監督檢測作業執行之情形並留下紀錄，而此次檢測曾發現 1 只 SHEAR PLATE 有缺陷，除完成修補再檢測外，並依規定再另行加抽 5 只 SHEAR PLATE，檢測結果符合。

(二)D/F SEAL PLATE 與基座間鐸道 VBT

D/F SEAL PLATE 因面積龐大，因此分割為 12 塊於中船高雄廠完成廠製後再運送至核四工地進行組裝，其於 93 年 12 月中旬完成組裝後，隨即吊入反應器廠房中進行安裝，至 94 年 1 月下旬完成內外環鐸道之鐸接作業後，即進行非破壞檢測之作業。D/F SEAL PLATE 之鐸道依規定應進行 MT 及 VBT 之檢測，然由於與基座交接之內環鐸道其幾何外形複雜，導致經多次之測試及改善後，真空檢測匣仍有無法與之密合持壓，滿足真空度 5psi 以上之檢測要求，以及易於破裂之困擾，因此至 94 年 2 月 3 日時仍無法完成內環之 VBT 檢測。由於此項檢測作業無法及時完成將嚴重影響 DF 灌漿之既定時程，施工處汽源課於洽詢奇異公司尋求其他檢測替代方式遭到否決後，施工處乃緊急要求負責檢測作業執行之台電修護處儘速處理，以免延誤 D/F 之澆置時程。對此修護處乃另委託其他真空匣製造廠家製作真空匣，並於 2 月 5 日下午至工地進行測試。

測試進行時會同施工處人員至現場了解新製真空匣之測試情形，惟至現場觀察測試狀況後，發現新製之真空匣仍有因氣密墊材質過硬，無法順應檢測面大高低階差之形狀之問題，而在該廠商現場修改數次，仍無法進行檢測作業後，其遂宣告放棄。

在新檢測廠商宣告放棄後，台電修護處檢測人員仍持續進行改善，最後以在原硬質氣密墊上局部使用具氣墊功能之軟質矽膠氣密墊材料之方式，使真空匣之氣密能力合乎檢測要求，並隨即於 2 月 6 日下午開始進行檢測作業，至 2 月 7 日下午完成全部之檢測工作。

伍、混凝土澆置前視察

本項專案視察之結構包含鋼結構與鋼筋混凝土兩部份，前項已針對鋼構部分進行查證，以避免混凝土澆置後仍發生鋼結構未完成項目，例如銲接、熱處理及非破壞檢測（NDE）等作業。混凝土澆置前視察主要以澆置計畫周延性、完成工作查核與準備作業為主，並配合龍門施工處之澆置時程，由本會派員至現場進行巡查及相關文件抽查，視察情形摘述如下：

一、澆置計畫

一號機反應爐基座第一次混凝土澆置作業，儘管本會在其澆置計畫的擬定中，提出諸多的要求事項，尤其對各種可能狀況的發生，需作相對預防措施，讓整個澆置計畫具較完整的規劃，然而在實際執行作業中，仍有澆置採用軟管控制澆置高程方式及未搭設天候防護棚遮雨，以及混凝土浮水溢流污染下乾井等情形。因此，審查澆置計畫時，特別針對這些情形加強審查，審查結果澆置計畫內容與第一次澆置計畫相較，各項管控作業方式已明確規定於計畫書中；同時原計畫基座僅分兩次澆置（基座二至五層一次澆置），現改為四次，分別在各次澆置計畫書中對澆置量的控制、澆置方式、採用模具、細部作業等亦作明確規定。另外對於混凝土的充填方式，有頂鈑的部分容易造成氣室，無法完全充填，本項台電施工處也訂定施工澆置計畫，預留 10~20 公分高度，再配合整體工作安排，採用不收縮水泥漿壓力灌漿填實，對天候防護及混凝土浮水溢流污染之規定，澆置計畫均已作適當防護與準備。

二、混凝土配比

本次基座部份所使用之配比（DHII-9.5-21-F15-C）為流動化劑的強塑性混凝土（Superplasticized Concrete），以增加混凝土流動性，提高澆置工作度以及提供緩凝的功能，並滿足 ASTM C1017 的規範要求。

此配比經查證必須依 ASTM C1017 及其表 Table 1 的規定，需對

流動塑化緩凝劑（Admixtures）的附加劑進行相關試驗，包括物理性質、化學性質、均勻性、同等性及紅外線分析等，查證試驗報告結果均符合規範規定之要求。齡期強度規定，設計規範為 91 天齡期 4000psi (fc')，設計需求強度則為 5200 psi (fcr')。本配比(DHII-9.5-21-F15-C)設計由中興大學土木系進行混凝土各項物理性質試驗（如附件三），其抗壓強度在 28 天平均強度為 361kg/cm² (5157 psi)，91 天平均強度為 502kg/cm² (7171 psi)，配比設計符合設計要求。

另，隔膜地板採用之混凝土配比編號為 EII-19-15-F15-D，其齡期強度規定，設計規範為 91 天齡期 5000psi (fc')，設計需求強度則為 6400 psi (fcr')。本配比設計經中興大學土木系進行混凝土各項物理性質試驗(如附件四)，其抗壓強度在 28 天平均強度為 445kg/cm²(6357 psi)，91 天平均強度為 515kg/cm² (7357 psi)，配比設計結果符合設計要求。

三、現場巡查

本次視察範圍乃一號機反應爐安裝作業重要結構，因此本會將現場查核作業列為重要管制作業項目，並訂定停留查證點。但本會在執行混凝土澆置專案視察現場查核作業時，仍需配合台電施工處作業時程來進行，在基座第二、四次澆置由駐廠視察員執行現場查證，而基座第三次澆置及隔膜地板混凝土澆置作業則派員配合施工處現場查證。

特別是一號機隔膜地板混凝土澆置作業的進行係配合核四廠一號機反應爐預定於 94 年 3 月 18 日的安裝時程規劃所擬定，因此一號機隔膜地板施工作業在今年年初的春節期間，不休假持續趕工，故其混凝土澆置時程在農曆大年初四進行，本會亦配合由核管處黃副處長及專案視察員進行現場共同查證，現場視察時除有部分隔膜地板的箍筋排紮，未依施工圖綁紮（如圖六），並要求查證施工圖後立即改善外，一號機隔膜地板混凝土澆置前查證結果大致良好。

其他現場作業檢查項目包括清潔檢查、安全網架設、設備遮護、開口防墜落，以及振動機備份、照明設備等，除少部分如積水、煙蒂等未完全清除，經施工處要求承包商改善後均符合各施工規範要求。

四、文件審查

澆置前作業除上述之現場查核外，尚包括澆置前查核及現場施工作業檢驗紀錄審查、人員（施工處、新亞及信南等）資格與訓練情形，抽查情形如下：

(一)依混凝土澆置前檢驗作業程序書規定，混凝土預定澆置前一日需簽發混凝土澆置核對表（一號機 RPV 基座中外環部分），經查核 022-CIV-011-02-I-234 混凝土澆置核對表應完成包括龍施土 022-C-154-I-194（土木課）、龍施土 022-M046-014（汽源課）、龍施土 022-E-043-1R41-041 及龍施土 022-E-010-1u71-037（電氣課）等項目之檢驗作業，均完成檢驗符合，其他各課確認無相關工作項目。惟本會依台電施工處預計澆置日期至現場查證一號機 RPV 基座中外環部分時，該澆置核對表仍未完成，但現場已準備進行澆置作業，經本會提出質疑該核對表未完成前是否可執行現場澆置作業，後經台電施工處完成混凝土澆置核對表後，才進行現場混凝土澆置作業，已符合混凝土澆置前檢驗作業程序書規定。

(二)人員資格與訓練部分，在資格方面不論業主或承包商，均須符合程序書之規定要求。在訓練上由於澆置作業環境及要求標準與一般牆體、樓版或基礎並不相同，實有必要在作業前對相關工作人員進行訓練，經抽查基座第二、三次澆置之訓練作業，台電施工處已於 93 年 11 月 25 日及 94 年 1 月 5 日對相關人員就混凝土澆置範圍、現場狀況、該次澆置之混凝土分層及方法，以及混凝土澆置注意事項，對供料程序、確認作業過程、分工及每車次混凝土供應量管控等，進行加強訓練，同時也將日後的養護工作及澆置基座特有的嚴重浮水問題，規定其處理方式，整體而言台電施工處在此方面已能做適當而完整的訓練。

陸、混凝土澆置中視察

本作業主要工作項目包括：1.混凝土供應及運送至澆置位置品管執行情形；2.混凝土品質控制之試體取樣試驗作業情形；3.混凝土澆置過程施工品質執行情形；4.以上作業人員之資格及現場品管情形。

一、混凝土供應材料及運送品管執行情形

(一)依龍門施工處 LMP-QLD-018 混凝土製造品質管制作業程序書規定之試驗項目，均依規定進行澆置前、中之材料取樣試驗，並試驗符合規定。

(二)依施工規範及程序書規定，當一批混凝土自混合水加入後，應於 90 分鐘內灌置完畢，基座第三次混凝土澆置時現場查證混凝土品控管制站之混凝土發料單及其簽收紀錄，查證結果顯示各車次均於 20 至 30 分鐘即澆置完畢，符合 90 分鐘內澆置完畢之規定，且整體時程掌控良好，一律每車確認即簽收，顯示品管作業確實。

二、混凝土品質控制之試體取樣試驗作業情形

依龍門施工處 LMP-QLD-018 混凝土製造品質管制作業程序書規定，信南拌合廠於首次混凝土產製時或產製期間均需抽樣隨機做混凝土坍度、溫度、空氣含量、含氣量及單位重等試驗，以查證配合材料是否正確。另，現場則依規定於現場隨機檢驗混凝土品質，包括坍度、溫度、空氣含量、含氣量及單位重等，其頻次則為 37.5m^3 取樣一次，低於規範之 100m^3 及 50m^3 之規定，在未確認符合前不得澆置，如不合格則品質控制員於混凝土發料單上簽註廢棄原因，並廢棄該車混凝土。以上要求經現場查證，情形如下：

(一)基座各次坍度在 20~22 cm 之間，符合 21 ± 1.5 cm 規定值；隔膜地板坍度在 14.5~16 cm 之間，符合 15 ± 2.5 cm 規定值。

(二)基座及隔膜地板各次混凝土溫度 12~17°C，符合溫度上限 21°C 之規定。

(三)含氣量 $0.012 \sim 0.031 \text{ kg/m}^3$ 遠低於 GE 核島區混凝土技術規範規

定，混凝土氯離子含量必須小於 0.2 kg/m^3 之規定值（非核島區部份則依 CNS 3090 規定，鋼筋混凝土所處環境須作耐久性考慮者，其混凝土氯離子含量僅需小於 0.3 kg/m^3 規定值）。

(四)單位重最低為 2304 kg/m^3 左右，滿足供放射性屏障使用之單位重 2243 kg/m^3 下限值規定。

三、混凝土澆置現場施工品質執行情形

(一)混凝土供料至現場時，依 ACI 304 2R-4 Manual of Concrete Practice 規定須先以水泥砂漿潤管，在出口處則以廢料槽裝載後運離廢棄，現場查證三組管線，每管均打入 1 m^3 之砂漿，並以吊車運離或直接傾洩於空地整地處理，作業情形符合規定（如圖七）。

(二)依施工說明書及設計圖 S6251 Note 之規定，基座側壓力最大為 750 psf (3.511 t/m^2)，現場澆置相關要求包括：

- 1.一次澆置高度以 $1.5 \sim 1.7 \text{ m}$ 為原則。
- 2.混凝土落下高度不得超過 1.8 m 。
- 3.振動棒之振動應保持近似垂直及有系統的振動，防止粒料分離，不得振動鋼板及預埋管件等。
- 4.澆置一氣呵成不可間斷，不得有冷縫情況發生。
- 5.搗實深度則應插入前一澆置層 15 cm 內，來聯繫二層重合，同時控制澆置速度，使插入前一澆置層內時，混凝土應仍在塑性狀態內，與新澆置混凝土成為一體。

以上各項規定，施工處在基座各次的澆置計畫中，已依照各區塊澆置位置、環境、配比特殊性，以及澆置高程控制的需要，特別將澆置分區、分隔艙及訂定車次所運送拌合之混凝土供應量，規定作業執行的管控詳細，經本會視察員現場查證承包商施工領班人員對計畫的了解，均可明確說出澆置位置、澆置量及車次的規定情形，管控執行

情形良好。

另，鑒於前次進行澆置性試驗及第一次基座混凝土澆置的結果顯示，於鋼製結構體中澆置與一般木模板會吸水並排除多餘浮水的情形不同，因此浮水將陸續浮到表面，造成浮水持續累積可達數十公分高的水位，當澆置接近完成面時，浮水將逸出開口而污染基座內設備及空間，對此施工處已要求承包商在澆置最後一層時，先將浮水抽離，並在開口圍一圈擋水板，同時對基座內側設備加強遮護，並明訂在澆置計畫中以及訓練計畫中要求遵守，視察結果與前次澆置相較，確實已大幅改善（澆置作業如圖八~十）。

四、人員資格及現場品管情形

(一)現場品質管制作業人員包括：

- 1.信南拌合場之混凝土取樣品管人員
- 2.現場品質控制員（混凝土品管及現場施工品管）
- 3.混凝土控制檢驗員及現場施工檢驗員
- 4.施工單位之品管人員

(二)經查證各項工作之品管人員資格均符合台電 NSD-PE-2.1-T 核能工程檢驗人員之考訓及資格銓定程序書要求，完成銓定符合要求。

以上各項作業情形，整體而言品質管制作業情形良好。

柒、混凝土澆置後視察

本作業主要工作項目包括：1. 混凝土澆置完成面處理；2. 混凝土養護及修補作業情形；3. 混凝土抗壓試體強度試驗結果查證。

一、混凝土澆置完成面處理

本項作業包括基座 EL+3500mm 及 EL+4500mm 兩處高程水平完成面及 EL+8210mm 之 RPV Support Frame，因澆置需滿足完全填充的要求，施工處以不收縮水泥漿壓力灌漿方式處理。

前兩處高程即因第一次基座混凝土澆置之浮水及填充性而保留 10~20 cm 未完成澆置，本部分澆置不收縮水泥漿時，依施工程序及檢驗要求需先鑿除表面乳沫，澆置前並以清水清洗乾淨，除去多餘水分後，使其面乾而內飽和至少 24 小時，本作業查證檢驗表均符合。在 EL+8210mm 之 RPV Support Frame 必須在側方 10 cm 半圓形開孔澆置，故第四次基座澆置僅澆置至半圓形開口底部，需將開口封住（木製封板），另以兩支軟管設置於封板頂部，一支軟管供料，另一支軟管供逸氣出口方式辦理澆置（如圖十一、二），澆置結果由拆模後顯示澆置品質良好。

二、混凝土養護及修補作業情形

(一) 混凝土澆置完成後之養護工作依施工說明書 5.3.8 及施工規範

3G.3，新混凝土的養護與保護應符合 ACI 301 第 12 章規定，混凝土養護至少七天以上，並採取適當遮陽等防護措施。

(二) 本項養護作業基於反應爐安裝結構強度需要，特別要求施工處需加強養護作業（如附件五），經查證基座第二次澆置內環之養護作業，原澆置計畫中係規定圍水養護，但現場無法以圍水方式養護，乃採覆蓋濕布養護並保持濕潤，養護情形良好；查證基座第三次澆置中、外環部份，在外環部份考量配合隔膜地板作業需要，需儘快將外環上之澆置孔及人孔進行封銲作業，惟此項封銲作業與混凝土養護牴觸，封銲除造成無法養護外，銲接產生高熱亦將破

壞混凝土品質強度，而施工處在完成澆置隔日即準備進行封鐸作業，本會乃現場要求暫停該封鐸作業，待滿足養護日數後再進行封鐸作業，本項台電施工處已於澆置第七日才進行封鐸，大致符合養護作業規定。確實執行且品質符合作業程序要求。

(三)在基座鋼製結構體內進行混凝土澆置，均有預留澆置孔及氣孔的設置，依奇異公司設計規範要求，預留孔及氣孔均需進行封鐸，經查證在 EL+3500 mm 頂板、人員及設備通道底板、基座第五層各內、中、外環頂板，以及 EL+8210mm 之 RPV Support Frame 側方半圓形開口，均完成封鐸作業（如圖十三）。但為澆置基座 0° 及 180° 通道上下方三角隔艙，另外開鑿提供不收縮水泥漿灌漿所需逸氣孔，經查證台電公司已向奇異公司提出澄清，奇異公司該鑿孔僅 10 mm 直徑小於 50 mm，無封鐸的必要。

三、混凝土抗壓試體強度試驗結果查證（如圖十四）

(一)依龍門施工處 LMP-QLD-018 混凝土製造品質管制作業程序書規定，混凝土澆置後依序須完成以下事項：

- 1.混凝土出料完成後，拌合場承包商須將出料配比、時間、數量等記錄於混凝土控制日報表及控制試驗報告表。
- 2.現場製作試體於製作時間後 24± 8 小時內送至甲方養生室養生。
- 3.品質課依規定齡期，會同相關單位進行壓驗試體，並將壓驗結果記錄於抗壓強度試體報告表。

(二)現場查證混凝土試體送施工處（甲方）養生池養生情形良好。審查各次澆置之混凝土製造通知單，包括 C022-CIV-034-I-220、222 及 232 之混凝土圓柱體抗壓強度試驗報告，其設計齡期為 91 天，設計強度分別為 4000psi 及 5000psi，均符合設計規範要求，經進一步分析，有以下幾點及部分需進一步澄清：

- 1.依前述 DHII-9.5-21-F15-C 配比為 91 天齡期 4000psi (fc')，設計

需求強度則為 5200 psi (f_{cr}')。經由中興大學土木系進行混凝土各項物理性質試驗，其抗壓強度在 28 天平均強度為 361kg/cm^2 (5157 psi)，91 天平均強度為 502kg/cm^2 (7171 psi)。實際結果 28 天平均強度為 4987 psi，91 天平均強度為 7324 psi。比較結果除滿足設計規範外，實驗設計結果與實際施工品質相當接近，顯示配比在設計時採用的材料與實際相較，無明顯差異，材料管控良好。

2. 隔膜地板採用配比 EII-19-15-F15-D 為 91 天齡期 5000psi (f_c')，設計需求強度則為 6400 psi (f_{cr}')。經中興大學土木系進行混凝土各項物理性質試驗，其抗壓強度在 28 天平均強度為 445kg/cm^2 (6357 psi)，91 天平均強度為 515kg/cm^2 (7357 psi)。實際結果 28 天平均強度為 6424 psi，91 天平均強度為 8103 psi。比較結果除滿足設計規範外，實際較試驗設計結果略高，但仍在可接受範圍內，顯示配比在設計時採用的材料與實際相較，差異不大，材料、配比及拌和作業等管控良好。

3. 但前兩項由規範設計值與實際值比較，設計 4000psi (f_c') 需求強度採 5200 psi (f_{cr}')，但實際卻達 7324 psi；隔膜地板部分設計 5000psi (f_c') 需求強度採 6400 psi (f_{cr}')，但實際卻達 8103 psi。若單就強度觀點似乎不構成問題，但就設計觀點而言，設計公司選用 91 天設計齡期，設計用意應在控制巨積混凝土的水化熱反應，不讓水化熱過高影響混凝土品質，讓水化熱緩慢成長發揮。但配比選用結果，28 天的平均強度與設計需求強度相當接近，顯示此配比應選用在 28 天設計齡期的混凝土上，而並不適合用在 91 天設計齡期的混凝土。本項疑議已開立編號 AN-LM-94-006 注意改進事項（如附件六），請台電施工處澄清。

4. 為因應一號機反應爐壓力容器的吊裝必須在確認安裝時結構強度符合設計強度後，始得以進行反應爐壓力容器吊裝。依試體製作規定，僅考量製作 7 天、28 天及 91 天齡期試體，本會要求未

達強度不得吊裝反應爐壓力容器，施工處乃特別增作多組試體，以能視需要驗證混凝土抗壓強度。至於強度需滿足條件為何，台電公司以最後關鍵結構工程隔膜地板需達設計強度 5000psi，仍屬不保守，因設計 5000psi 實際吊裝時亦應以 5000psi 為允許吊裝基礎，但混凝土配比之所以會有設計需求強度的設計，即考量試體強度不能代表現地結構的強度，所以試體強度應達設計需求強度較為合理，幸好吊裝前試體抗壓試驗結果為 6424psi 滿足設計需求強度 6400 psi (fcr') 的規定。

5.基座第四次澆置的部分為 EL+8210mm 之 RPV Support Frame，該位置在澆置前需先安裝 RPV Template，以固定安裝反應爐所需的 120 支螺栓，而依奇異公司的 Reactor Vessel Installation Specification Template Removal 規定，混凝土強度須達到設計抗壓強度或更高，才能將 Template 移除。但該處混凝土於 2 月 7 日進行澆置，2 月 22 日拆除 Template，但拆除前並未進行抗壓試驗（因僅依正常規定製作 7 天、28 天及 91 天齡期試體），無法證實 Template 拆除前混凝土已達設計抗壓強度或更高的規定，本會乃開立編號 LM-會核-94-002-0 備忘錄，要求台電公司澄清，本案經台電施工處依 7 天及 28 天線性評估第 15 天（2 月 22 日）強度為 4111.4psi，可勉強接受。

6.其他包括試體取樣頻率、取樣試驗項目、增作地震試體等各項作業，台電施工處均依程序書規定辦理，符合 ASTM C39、C31、C172 等規範要求。

捌、綜合結論

核四廠反應爐基座及隔膜地板為反應爐之重要支撐結構，而本次的專案視察範圍關係著一號機反應爐壓力容器的吊裝作業，台電公司在擬定時程下進行各項趕工作業，各工程之間的介面、施工品質與安全是本會所關切的問題，在視察中可以發現台電公司為解決工地施工

產生的介面問題，成立現場工作小組（簡稱 SEO），即使在農曆過年期間，亦配合加班與國外設計單位人員聯繫，解決施工中面臨的問題，顯示 SEO 小組的成立確有必要。而本會配合台電施工處的澆置作業時程，儘管農曆過年期間本處黃副處長亦至現場共同查證，更顯示本會對興建中核能電廠管制作業的重視。對於本次的專案視察，整體而言，雖有若干小缺失，但不致對結構體或設備有品質上的影響。整體視察結果歸納如下：

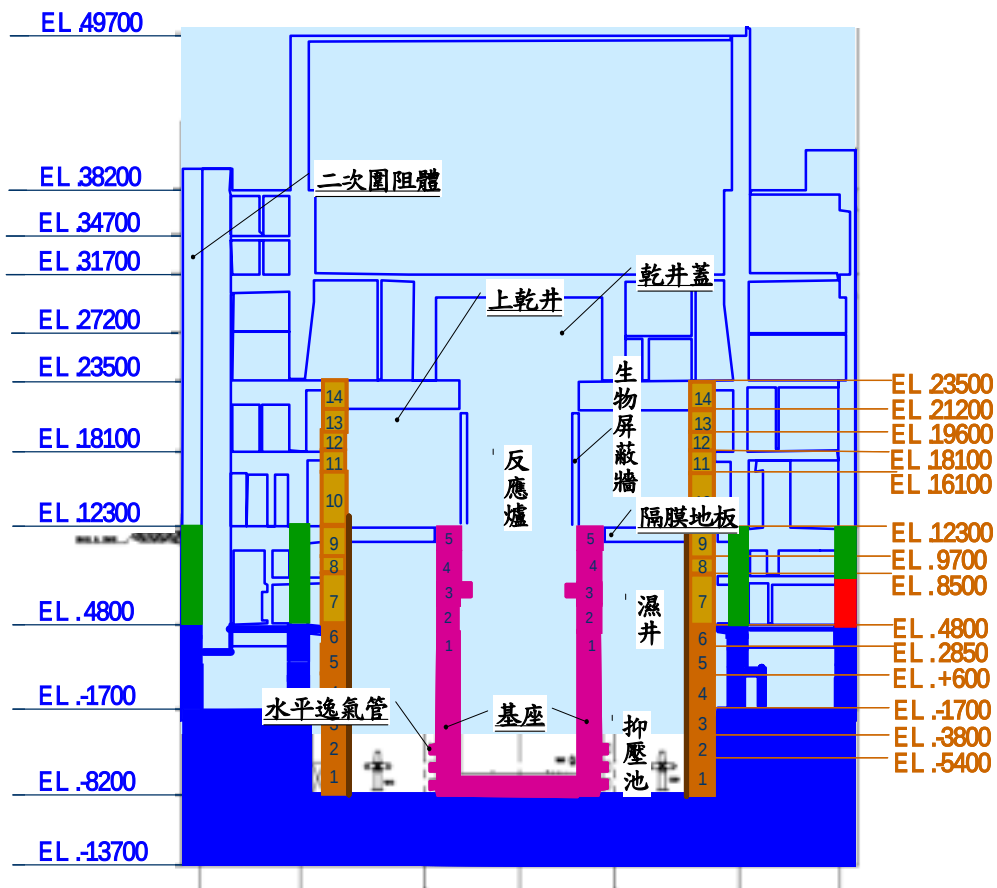
- 一、在鋼結構安裝作業品質之查核方面，就本會歷來視察發現缺失與混凝土澆置後無法再執行或改正之施工作業進行深入查核結果顯示，除發現乾井真空破壞閥管路(VBP)非破壞檢測疑慮 NCR 一案，有經施工處緊急協調廠商依改善措施，補充檢測驗證證明資料後，方完成結案程序之情形外，其餘各項目視察發現缺失，台電施工處均適時改正，符合相關作業要求標準。
- 二、本次混凝土專案視察範圍較廣，經審查其各次澆置計畫與基座第一次澆置相較，除了詳實規定澆置範圍、方法、人員、機具、防護外，特別訂定注意事項將澆置每車澆置量、位置、順序、保護措施，以及日後養護作業等明定於澆置計畫中，符合施工計畫及品管作業要求。
- 三、基座混凝土配比採用 DHII-9.5-21-F15-C 流動化劑的強塑性混凝土，滿足設計規範對 ASTM C1017 之規定，亦滿足設計規範對 91 天齡期 4000psi 之規定，而配比均經中興大學混凝土試驗室試驗，其結果滿足需求強度要求。
- 四、為使混凝土澆置儘可能完全充填而採用不收縮水泥壓力灌漿的作業，經查核作業方式及檢驗等，均符合施工計畫及作業程序書規定。另，本會列為持續追蹤管制項目之小隔艙，亦完成混凝土澆置的作業，符合設計要求。

五、有關混凝土配比的採用，不論基座或隔膜地板其配比送中興大學試驗其第 28 天的齡期強度與設計需求強度接近，而第 91 天的設計齡期則遠大於需求強度值。從混凝土抗壓試體試驗報告來看，實際結果顯示與實驗結果差距不大，證明信南拌和廠配比採用與設計資料符合。但從另一個角度來看，該等配比可視為 28 天設計齡期的混凝土，因此等於是需採用 91 天設計齡期的混凝土卻採用 28 天設計齡期的混凝土配比。本項持續對後續之混凝土養護作業及目視結構體紋路觀察，在結構強度上應不致於有負面影響，祇是是否違背設計的原意。對此本會已開立注意改進事項，請台電公司澄清並改善。

六、台電公司以最後關鍵結構工程隔膜地板需達設計強度 5000psi，作為反應爐壓力容器吊裝結構強度為符合之判斷依據，仍屬不保守，所幸吊裝前試體抗壓試驗結果為 6424psi，達設計需求強度 6400 psi (fcr') 的要求，可滿足設計強度的規定。(本項將回饋二號機反應爐吊裝參考)

七、基座 EL+8210mm 之 RPV Support Frame 上用以固定安裝反應爐所需的 120 支螺栓，而必須依照奇異公司的 Reactor Vessel Installation Specification Template Removal 規定，混凝土強度須達到設計抗壓強度或更高，才能將 Template 移除。雖經評估拆除時 (2 月 22 日) 強度為 4111.4psi，可勉強接受，但對於台電施工處未依規範作業，而依工程判斷忽視規範訂定的用意不予遵守，亦未修改規範，將要求台電公司改善。

綜合以上結論，可以了解施工處各相關經辦課在作業前的準備及施工，特別是承包商對施工人員作業的管理，都有長足的進步，值得肯定，但仍有許多可以做得更好的部份。日後本會仍將持續要求施工處做好所有建廠作業品質要求，落實本會安全管制之目標與職責。



圖一：反應爐基座相關位置示意圖



圖二：SRV VENT PIPE 水壓測試情形



圖三：SRV VENT PIPE 降壓後持壓檢查洩漏之水壓測試情形



圖四：澆置後養護中準備進行人孔封鐸之預熱除水作業



圖五：奇異公司變更設計新增 160 支剪力鉚設置情形



圖六：一號機隔膜地板箍筋排紮不正確情形



圖七：一號機隔膜地板澆置前進行水泥砂漿管路潤管並運棄作業



圖八：一號機基座第四次澆置於半圓形開口澆置作業情形



圖九：一號機隔膜地板混凝土澆置作業情形



圖十：一號機基座第三次澆置(外環)作業情形



圖十一：半圓形開口處封板插塑膠管
以不收縮水泥漿壓力灌漿作業情形



圖十二：頂板開口不收縮水泥漿壓力灌漿作業情形



圖十三：半圓形開口封銲後情形



圖十四：抗壓試體試驗情形

Table-14

CONCRETE MIX PROPORTION

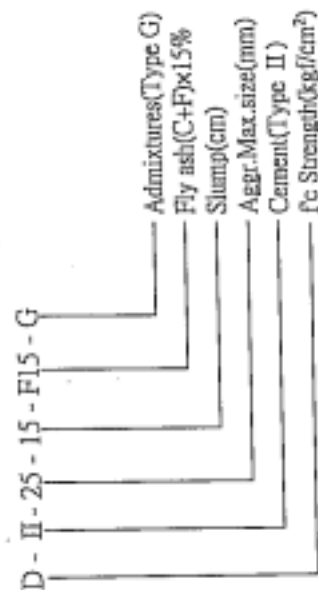
Cement: Type II
Fly ash: (C+F)×15%
Admixtures: Type D (C+F)×0.5%

19mm mix

項次	Mix No.	S/a (%)	W/(C+F)	Mix proportion (kg/m ³)				Air (%)	Slump (cm)	Comp. Str. (kgf/cm ²)		
				附加劑 (D)	Water (含附加劑量)	Cement	Fly ash			7 D	14 D	28 D
28	C II-19-15-F15-D	47	60.9	1.617	197	275	49	1.5	15	169	215	280
29	F II-19-15-F15-D	45	53.8	1.831	197	311	55	1.5	15	208	265	329
30	F II-19-18-F15-D	44	53.8	1.877	202	319	56	1.5	18	192	250	329
31	D II-19-15-F15-D	44	0.496	2.006	199	341	60	1.5	15	236	302	364
32	E II-19-15-F15-D	40	0.419	2.399	201	408	72	1.5	15	302	389	448

W/C-Str.關係曲線詳圖-9

Legend :



Strength Data :

Class	Age days	Specified Strength f'_c kgf/cm ²	Required Strength f'_c kgf/cm ²
C	28	210	280
F	28	245	329
D	28	280	364
E	28	350	448

19mm mix

Table-2

CONCRETE MIX PROPORTION

Content: Type II
Flyash: (C+F) × 15%
Admixtures: 流動型化學減水劑

9.5mm mix

Mix No.	S/a %	w/c+F %	Mix proportion (kg/m ³)						Air %	Slump 坍落度		Comp. Str. (kgf/cm ²)		
			附加劑 SP	Water (含附加劑量)	Cement	Fly ash	Sand	Gravel		cm	cm	7 D	14 D	28 D
D II-9.5-21-F15-C	51.0	48.3	6.360	205	360	64	851	819	2.2	21	46	221	298	364
										</				

Strength Data :

Class	Age days	Specified Strength F _c kgf/cm ²	Required Strength F _{cr} kgf/cm ²
D	28	280	364

Legend :

D - II - 9.5 - 21 - F15 - C

Admixtures: 流動型化學減水劑
Fly ash: (C+F) × 15%
Slump (cm)
Aggr. Max. size (mm)
Cement: Type II
F_c Strength (kgf/cm²)

表-2

混凝土物理性質試驗 CONCRETE PROPERTIES								
配比編號：E-II-19-15-F15-D								
試驗項目 Test Item	試驗方法 Test Method	單位 Unit	要求目標值 Target Values	齡期 Age (days)	試驗值 Test Values			
					NO.1	NO.2	NO.3	Ave.
1. 抗壓強度 Compressive Strength	ASTM C39	Kg/cm ²	fc'=350 fcr=448	28 天	441	442	452	445
				91 天	510	515	521	515
2. 靜彈性模數 Static Modulus of Elasticity	ASTM C469	× 10 ⁴ Kg/cm ²	28.46	28 天	25.1	24.8	25.1	25.0
				91 天	29.2	27.1	30.6	29.0
3. 波松比 Poisson's Ratio	ASTM C469	—	0.17	28 天	0.190	0.165	0.164	0.173
				91 天	0.180	0.168	0.171	0.173
4. 抗彎強度 Flexural Strength	ASTM C78	Kg/cm ²	50	28 天	68	71	73	71
				91 天	77	75	86	79
5. 劈裂抗張強度 Splitting Tensile Strength	ASTM C496	Kg/cm ²	27	28 天	26.3	28.0	27.4	27.2
				91 天	32.2	35.6	44.7	37.5
6. 熱傳導係數 Coefficient of Thermal Conductivity	CRD C44	K cal / mh°C	1.40	91 天	—	—	—	1.0074
7. 熱膨脹係數 Coefficient of Thermal Expansion	CRD C39	× 10 ⁻⁵ / °C	0.99	28 天	0.94	0.84	0.86	0.88
				91 天	0.82	0.70	0.83	0.78
8. 混凝土最高溫度 Maximum Temperature Rise in Concrete	CRD C36	hr , °C (室溫 23°C)	—	0~7 天	混凝土最高溫度時間：13.0 hr 混凝土最高溫度：38.8 °C 溫昇：+15.8°C			
9. 混凝土單位重 Concrete unit weight (S.S.D.)	ASTM C642	Kg/m ³	2240	28 天	2417	2419	2424	2420
				91 天	2429	2420	2418	2422
10. 混凝土單位重 (Oven dry) (烘乾)	ASTM C642	Kg/m ³	2240	28 天	2311	2319	2310	2313
				91 天	2359	2352	2336	2349
11. 混凝土乾縮 Change of Hardened Concrete	ASTM C157	%	—	28 天	0.0308	0.0372	0.0336	0.0339
				91 天	0.0412	0.0428	0.0446	0.0429
12. 混凝土潛變 Creep of Concrete in Compression	ASTM C512	× 10 ⁻⁴ cm/cm	—	三個月	6.93	6.89	7.79	7.20
				六個月	8.26	8.41	8.06	8.24
				一 年	試驗中			
註：熱傳導係數試驗值，係委託中興大學土木系提供試驗結果。								

表一G

混凝土物理性質試驗 CONCRETE PROPERTIES								
試驗項目 Test Item	試驗方法 Test Method	單位 Unit	要求目標值 Target Values	齡期 Age (days)	試驗值 Test Values			
					D-II-9.5-21-F15-C			
					NO.1	NO.2	NO.3	Ave.
1. 抗壓強度 Compressive Strength	ASTM C39	Kg/cm ²	280	28 天	356	360	367	361
				91 天	486	505	514	502
2. 靜彈性模數 Static Modulus of Elasticity	ASTM C469	× 10 ⁴ Kg/cm ²	25.4	28 天	20.4	21.9	23.1	21.8
				91 天	29.6	27.9	28.6	28.7
3. 波松比 Poisson's Ratio	ASTM C469	—	0.17	28 天	0.192	0.191	0.196	0.193
				91 天	0.182	0.197	0.186	0.188
4. 抗彎強度 Flexural Strength	ASTM C78	Kg/cm ²	40	28 天	64	65	67	65.3
				91 天	79.5	85.2	90.0	84.9
5. 劈裂抗張強度 Splitting Tensile Strength	ASTM C496	Kg/cm ²	22	28 天	30.6	30.4	33.0	31.3
				91 天	38.2	38.0	40.2	38.8
6. 熱傳導係數 Coefficient of Thermal Conductivity	CRD C44	K cal / mh°C	1.40	28 天	—	—	—	0.981
				91 天	—	—	—	1.082
7. 熱膨脹係數 Coefficient of Thermal Expansion	CRD C39	× 10 ⁻⁵ / °C	0.99	28 天	0.96	0.99	1.07	1.01
				91 天	0.92	0.95	0.99	0.95
8. 混凝土最高溫度 Maximum Temperature Rise in Concrete	CRD C36	hr , °C (室溫 23°C)	—	0-7 天	—	—	—	15hr , 26.1°C
9. 混凝土單位重 Concrete unit weight (S.S.D.)	ASTM C642	Kg/m ³	2240	28 天	2429	2424	2432	2428
				91 天	2445	2430	2447	2441
10. 混凝土單位重 Concrete unit weight (Oven dry) (烘乾)	ASTM C642	Kg/m ³	2240	28 天	2310	2315	2326	2317
				91 天	2362	2365	2376	2368
11. 混凝土乾縮 Change of Hardened Concrete	ASTM C157	%	—	28 天	0.031	0.029	0.033	0.031
				91 天	0.046	0.048	0.049	0.048
註：1. 熱傳導係數試驗值，係委託中興大學土木系提供試驗結果。 2. 混凝土物理性質試驗值，三個試體個別試驗值。								

中興大學

第十四次龍門核管會會議紀錄

附件五

一、時間：93 年12 月15 日上午9 時30 分

二、地點：本會二樓第一會議室

三、主席：陳處長宜彬

四、出席人員：

(一)核管處：倪茂盛、黃智宗、莊長富、石門環、姜文騰。

(二)輻防處：孟祥明

(三)核技處：李建智

(四)物管局：唐大維

(五)核研所：廖俐毅、楊慶威、吳毓秀

(六) 台電公司：梁鐵民、許仁勇、王瑞芳、周芳國、徐仲珩、
王伯輝、郭欝強、徐永華、王琅琛、朱嘉和、
張靜豪、陳王淙、鄭文雄、周吉村、王茂田、
李榮耀、李宜源、李咸棠、舒國光、陳志誠、
林豐倫、王瀛實、涂元卿、周重元、吳慧燕。

五、決議事項：

(一)議題一：前次會議決議事項辦理情形

結 論：第5、6 項議題繼續追蹤，第2、10 項議題分別併
入本次會議議題三、四討論，其餘各項同意結案。

(二)議題二：請評估核四廠混凝土之澆置，其強度過早達到91
天齡期抗壓強度對結構完整性之影響。

結 論：1. 請提供混凝土配比及其調整前後之強度變化與
混凝土達到各齡期強度之趨勢圖等相關資料。
2. 請加強混凝土澆置後之養護作業。

(三)議題三：對針「PSAR Additional Requirements 清查及

處理現況」之議題，經查並未完全落實，請提出最新清查結果及後續處理方案。

結 論：1. 請繼續清查PSAR Additional Requirements 並將清查結果以及相關設備組件是否符合其要求與貴公司後續處理方式陳送本會。

2. 清查結果若發現PSAR 之規定有比法令規範要求寬鬆者，亦請將相關資料陳送本會

(四) 議題四：有關EQDP 文件管理方案，除整體方案之介紹外，Normal Radiation Aging，DBE Radiation Aging 為安全管制之重點項目，請提出EQDP 文件之審核與查證作業要點。

結 論：請將QPR/EQDP 之查核結果送本會備查

(五) 臨時動議：本會視察備忘錄核發流程作業建議修正案。

結 論：維持原作業方式。

核能電廠注意改進事項

附件六

編號	AN-LM-94-006	日期	94 年 4 月 12 日
廠別	龍門施工處	承辦人	曹松楠 Tel : 2232-2146
注意改進事項：龍門計畫第十八次定期視察建議改善事項(承上頁) 內容： 二、土木結構施工品管 (一)查閱隔膜地板(DF)、基座及圍阻體牆之結構混凝土抗壓試體報告，發現 DF 樓板與圍阻體牆選用之混凝土配比並不相同，請說明同一區域結構相連設計要求亦相同情形下，選用不同配比之條件為何。另，DF 樓板為 91 天設計齡期，設計強度 5000psi，但 28 天試體平均抗壓強度卻已高達 6500 psi，是否已違背原設計齡期 91 天之設計用意，請檢討說明。 (二)在混凝土品質控制方面，每次澆置之試體抗壓強度有相當程度之均勻性，但同一配比在不同澆置批次及不同時期生產的試體抗壓強度則顯示有相當程度的不穩定，僅 28 天齡期強度即有 1000 psi 之差距，建議在混凝土品質之穩定性控制方面能再加強。 (三)請說明一號機反應爐基座，在人員與設備通道上下之三角隔艙等，因澆置無收縮水泥而開鑿之孔洞，其處置方式為何。 (四)有關一號機反應爐壓力容器之防撞天候棚之設計及安裝，至壓力容器吊裝後近兩週仍未完成，與承諾本會之吊裝規劃與要求有明顯落差。且提供本會參考之設計計算書，其耐震設計要求仍依 1999 年以前版本設計，亦不符依最新耐震設計要求設計之承諾。請檢討防護棚之設計及安裝作業規劃，以符合對本會之承諾，並加強事前準備與規劃作業之完整性，避免再有空窗期而改採權宜措施的做法。 (續下頁)			
參考文件：			

核能電廠視察備忘錄

附件七

編號	LM-會核-94-002-0	日期	94 年 5 月 6 日
廠別	龍門施工處	相關單位	駐核四品質督導會報督導組 駐龍門施工處品保小組
事由：請澄清一、二號機控制閥品質文件(EQDP)相關問題以及GE施工規範對Anchor Bolt混凝土強度要求之適用性。 說明： 一、本會審查一、二號機控制閥之品質文件發現下列問題，請 貴公司澄清。 1. GE 控制閥採購規範 (Purchase Specification for Control Valve-ASME) 無耐震及動態驗證 (Seismic and Dynamic Qualificaion)所須之反應頻譜(Required Response Spectra)相關文件。依據採購規範 3113.6.2.3871 II Rev.6 第 2A.4.7.2 節，耐震及動態驗證之規範（包括上述 Required Response Spectra）係載明於 Appendix A30 中，然而本會視察發現，Appendix A30 並不在該採購規範中。 2. GE 控制閥採購規範第 2A.4.7 章節-設備環境合格驗證 (Equipment Qualification)，要求定位器(Positioners)應執行設備環境合格驗證。然而實際測試中該定位器並未列入。 3. GE 控制閥採購規範附錄 A-20.3.2.2 輻射(Radiation)章節表 A-20-1，列出反應器廠房正常運轉及事故整體輻射劑量(Dose)所採用之單位為戈雷(Gray)。對許多控制閥而言，其所要求之耐輻射劑量約為 4E+5 戈雷(Gray)，而實際測試中所採用之累積輻射劑量約為 4.273 E+6 雷得(Rads)。由於 1 戈雷(Gray)等於 100 雷得(Rads)，因此該測試之輻射劑量(Dose)約等於 4.273 E+4 戈雷(Gray)，低於規定值。 二、一號機 RPV Template 移除前尚未能證實混凝土強度已達到施工規範所要之抗壓強度，請說明 GE 施工規範對 Anchor Bolt 混凝土強度要求之適用性，以供二號機混凝土澆置時參考用。			
承辦人：林喬源		電話：2232-2148	