

第三章審查意見

編號	03 -01-042	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	F06	3.1		結案
第 1 次審查意見						
核二廠乾貯設施係直接引用美國 NAC-MAGNASTOR 護箱系統，但應審慎考量核二廠場址及作業環境，請台電公司列表說明護箱系統之設計變更及重新計算後之結果比較。						
第 1 次審查意見答復說明						
1. 本案至目前無設計變更，僅有設計差異，相關設計差異如表 3.1.1-1 所示。 2. 本案系統相關之所有分析皆已在第 6 章各節中分別說明。						
第 2 次審查意見						
同意答復。						

編號	03 -02-043	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S15	3.1	3.1.1-2	結案
第 1 次審查意見						
1. 第三章附圖之父階 (or 上階) 圖不完整，或編號/圖號不一致，請補充。 如 (1)630075-099-1-2/5，無法找到 washer-A(19) 位置。 (2)630075-098-2-3/4 side support weldment (編號 97)，在 630075-099-1-1/5 提籃組件總圖 side support weldment 編號 item 20，無法找到 side support weldment 在提籃組件相對位置。 (3)630075-098-2-4/4 corner support weldment - drain (編號 89)/ corner support weldment - vent (編號 87)，在 630075-099-1-1/5 提籃組件總圖中編號分別為 item 32 (corner support, drain)/ item 34 (corner support,						

vent)，無法找到 corner support weldment 在提籃組件相對位置。

(4)630075-091-2-1/4 fuel tube assembly, type 1 (編號 95)在 630075-099-1-1/5 提籃組件總圖 fuel tube assembly 編號 item 43，無法找到 corner support weldment 在提籃組件 or 密封鋼桶相對位置

(5)630075-072-0-1/2 & 630075-072-0-2/2，在燃料方管總圖之編號/圖號不一致。

2. 「核二廠目前所擁有的核子燃料計有 GE8x8、ANF8x8、ANF92、SPC9B、SPC10（只有 4 束）與 ATRIUM-10 共六種燃料型式，符合最小冷卻時間 20 年者（截至 83 年 12 月 31 日），...」，請說明「（截至 83 年 12 月 31 日）」意指為何。
- 3.地震力列出「筏基表面水平加速度」、「筏基表面垂直加速度」，本貯存場基座為樁基礎，請澄清設計參數為何採用筏基加速度。
- 4.表 3.1.2-2 密封鋼筒各組件之結構設計分類及其應力接受準則:意外事故服役狀況 D， $P_m < 2.4 S_m$ 或 $0.7 S_u$ ，請明確指出何者是作為接受準則之條件。
- 5.「貯存期間在混凝土護箱內之密封鋼筒外緣佈有材料試片，並定期取出檢驗，以了解密封鋼筒外表材料未有劣化現象，確保放射性氣體無外釋之虞。」惟密封鋼筒外緣的材料測試應為模擬環境對密封鋼筒材料的影響，與是否有放射性氣體外釋無直接關聯，請澄清。
- 6.本節採用的規範版次與第一章本文不一致，請整體確認後統一修訂。如 ACI 318 and ACI 318R, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete.", 2005 與 p1.1-13(116 項)不一致。ACI 349 and ACI 349R, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures." 2001 與 p1.1-13(117 項)不一致。

第 1 次審查意見答復說明

1.

(1) washer-A(19)標示於 630075-099-0-4/5(如下所示)。

應廠家要求：

本部分涉及廠家商業機密，屬其智慧財產權，
不予公開。

- (2)顯示於 630075-099-0-3/5 提籃組件上視圖(3.A-7 頁，如下所示)。
- (3)顯示於 630075-099-0-3/5 提籃組件上視圖(3.A-7 頁，如下所示)。
- (4)顯示於 630075-099-0-3/5 提籃組件上視圖(3.A-7 頁，如下所示)。

應廠家要求：

本部分涉及廠家商業機密，屬其智慧財產權，

不予公開。

(5) 630075-072-0-1/2 & 630075-072-0-2/2，在 630075-091-2-1/4 燃料方管總圖之編號/圖號不一致。將修正相關圖面。

2. 本案預計最快開始裝載日期為 103 年 12 月 31 日，故回推 20 年最小冷卻時間則為 83 年 12 月 31 日。

3. 此處筏基表面意指基座表面。

4. 表 3.1.2-2 密封鋼筒各組件之結構設計分類及其應力接受準則: 意外事故服役狀況 D， $P_m < 2.4 S_m$ 或 $0.7 S_u$ (取大值)。其中"取大值"應修正為"取小值"，亦即比較 $2.4 S_m$ (設計強度)與 $0.7 S_u$ (極限強度)，然後採用二者中較小值以進行評估。依據 ASME Code Section III, Appendix F, F-1341.1(a)，其原文為"The general primary membrane stress intensity P_m shall not exceed the lesser of $2.4S_m$ and $0.7S_u$ for austentic steel, high-nickel alloy....."。

5.密封鋼筒外緣的材料測試為模擬環境(含氯化鈉之海風濕氣)對密封鋼筒材料的鐳道腐蝕影響，在接近腐蝕穿透時會有放射性氣體外釋之虞。本測試可依腐蝕深度(速率)預知腐蝕穿透時間。如密封鋼筒材料無因環境侵蝕而發生劣化，則代表鋼筒密封邊界的完整性得以維持。該段文字修改如下：

「貯存期間在混凝土護箱內之密封鋼筒外緣佈有材料試片，並定期取出檢驗，以了解密封鋼筒外表材料未有劣化現象，確保密封邊界完整性。」

6.貯存場的設計與建造分別依循 2006 年版 ACI-349 與 ACI-349R 及 2008 年版 ACI-318 與 ACI-318R。混凝土護箱的設計與製造則分別依循 1985 年版 ACI-349 與 ACI-349R 及 2008 年版 ACI-318 與 ACI-318R. 安全分析報告相關章節將統一修訂。

第 2 次審查意見

1. 第 1-5 項同意答復。
2. 第 6 項請說明貯存場的設計採 2006 年版 ACI-349 與 ACI-349R，而混凝土護箱的設計採 1985 年版 ACI-349 與 ACI-349R 之理由。

第 2 次審查意見答復說明

混凝土護箱品質分類為 B 級，在美國申照時其設計所依據版本為 1985 年版，而相關的分析評估皆依此版本進行，也為 NRC 所接受，並說明在 FSAR 中。在貯存場的設計部分，其依據法規的選用是根據國內承包商在執行相關分析與評估所使用的版本。

此部分的版本差亦不影響相關安全性。

第 3 次審查意見

本案設計及建造的時程在 2008 年以後，混凝土護箱應適用現行版的 ACI 規範為主。混凝土護箱在美國申照時依據之版本為 1985 年版，當時為 NRC 所接受；但規範改版即表示相關法令及工程技術之演進。換言之，同樣的混凝土護箱如在美國再次送審，仍須符合現行之規範。第 2 次答復說明認為 ACI 「版本的差異不影響相關安全性」，應詳細分析比較前後版本的差異，

證實 ACI 版本的差異確實不影響安全性，或以新版本設計仍能維持安全。

第 3 次審查意見答復說明

ACI 349-85 與 ACI 349-06 是相同的規範，因頒布年份不同，使內容存在稍許差異，但此二版本的 ACI 349 內容差異甚小。大體而言，ACI 349-85 對鋼筋的強度要求較 ACI 349-06 保守；但對混凝土強度的要求則較寬鬆一些。目前核二乾貯已依據 ACI 349-85 的規定完成對混凝土護箱的強度評估，若原設計按 ACI 349-06 的較保守的混凝土強度要求進行評估，亦可滿足規範要求。換言之，現行的核二乾貯混凝土護箱設計可同時滿足 ACI 349-85 與 ACI 349-06 規範要求。以二版本中差異最大的混凝土強度折減因子為例，ACI 349-85 與 ACI 349-06 對分析中的材料強度折減因子的規定，分別為 0.70 與 0.65，所以 ACI 349-06 對混凝土強度的要求較為保守。以對混凝土材料強度較保守要求的 ACI 349-06 評估目前核二乾貯的混凝土護箱設計，其安全係數將由原來的 1.13 調降至 1.11，只相差 1.77%，仍滿足規範要求。詳細的 ACI 349-85 與 ACI 349-06 版本差異分析說明如附件 03-02-C 所示。

第 4 次審查意見

1. 前言部分應就影響安全分析的差異加以彙整說明，以目前說明部分的內容而言，似乎 06 年版除了混凝土強度折減因子較低以外，負載組合的要求也較 85 年版為多(增加 7A, 8, 9 等負載組合)。類此重要的差異，應於本附件開始時即交代清楚。目前前言第二點的文字，稱「ACI 349-85 對鋼筋的強度要求較 ACI349-06 保守，但對混凝土強度的要求則較寬鬆一些」，未必完全正確，因不同版次如對負載因子及負載組合要求已有不同，即難僅以強度折減因子判斷何版次較為嚴謹或寬鬆。
2. 鋼筋部分說明：此頁下方表格左側第一欄的文字有誤。此外，06 年版對負載組合的要求是否與 85 年版一樣，僅需考慮組合 2, 3, 4, 5, 6, 7。

第 4 次審查意見答復說明

1. 謝謝委員的意見，修改差異分析說明前言如附件 3-02-D 所述，並節錄如下：

- 在評估混凝土強度時，在 ACI 349-06 中是使用材料實際強度的 65%，而在 ACI-349-85 中則是使用材料實際強度的 70%。
- 相較於 ACI 349-85，ACI 349-06 中有較多的組合負載項目要求。在此二版本中，相對應的組合負載項目所用的負載因子也不盡相同。
- 本案目前係依據 ACI 349-85 的規定完成對混凝土護箱的結構評估，若原設計按 ACI 349-06 的要求進行評估，亦可滿足規範要求。對本案混凝土護箱的分析而言，ACI 349-85 對鋼筋的強度要求較 ACI 349-06 略為保守，但對混凝土強度的要求則略為寬鬆。

2.(a)已修正該敘述為「意外事故溫度所引起的負載(Ta)」。

(b)已在附件”差異分析說明”(附件 3-02-D)中澄清-由於鋼筋的負載僅與溫度所引起的負載有關，因此，只需要考慮文中表一(ACI 349-85)的組合負載 2，3，4，5，6，7 及表二(ACI 349-06)的負載組合 1，2，6，7，7A，8，9。

第 5 次審查意見

同意答復。

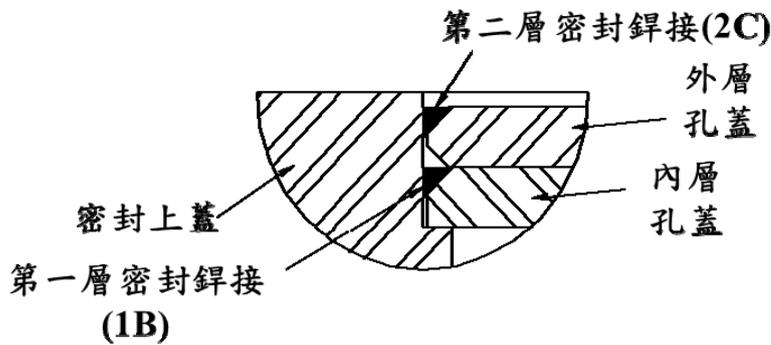
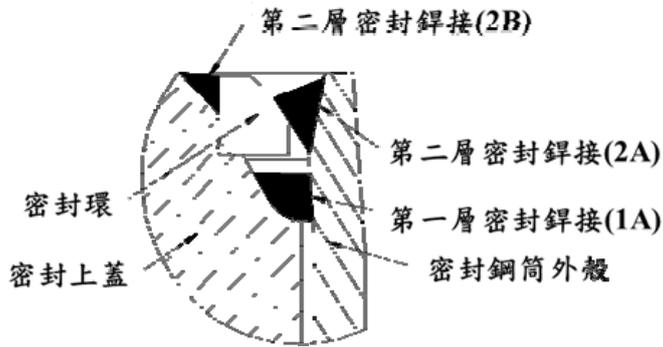
編號	03 -03-044	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S15	3.1	3.1.1-3	結案

第 1 次審查意見

1. 「密封鋼筒密封上蓋有雙重銲接作密封」部分，請以圖形說明銲道 1A、2A、1B、2B 位置。
- 2.請說明「組合燃料腔(developed cell)」的尺寸大小，置放用過核燃料的組件時貯存位置的餘裕為若干？

第 1 次審查意見答復說明

1. 銲道說明如下圖所示：



2. 組合燃料腔的內徑約與燃料方管內徑相同，約為 147.5mm。用過核子燃料束的外徑約為 140.2mm，故仍有約 7.3mm 的裕度。

第 2 次審查意見

同意答復。

編號	03-04-045	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S15	3.1	3.1.1-8	結案

第 1 次審查意見

此處「混凝土護箱本體混凝土密度平均為 2.32g/cm³ (145 lb/ft³)，局部混凝土密度須至少為 2.27g/cm³ (142lb/ft³)；頂蓋之混凝土密度須至少為 2.24g/cm³ (140 lb/ft³)。」請說明為何護箱頂蓋之混凝土密度與表 3.1.1-6 (p.3.1.1-22)中所列設計參數不一致？未來驗收標準是否也對護箱本體與頂蓋之混凝土密度而有所不同？

第 1 次審查意見答復說明

1. 表 3.1.1-6 (p.3.1.1-22)中所列為混凝土護箱本體混凝土係現場澆注，須符合抗壓強度與混凝土密骨材規範要求。頂蓋之混凝土係於殼模製造工廠依市購(營造業)標準混凝土澆注，所以密度不同。但本差異不影響安全。
2. 是，護箱本體之混凝土密度驗收標準與頂蓋不同。

第 2 次審查意見

護箱本體混凝土與頂蓋混凝土是否採用同樣之混凝土配比？如果配比一樣，則混凝土不應隨澆注方法不同而有不同密度，雖然現地澆注之混凝土可能有較大的變異程度。

第 2 次審查意見答復說明

頂蓋主要係屏蔽的功能要求，而護箱本體有結構與屏蔽的功能要求，依據屏蔽評估計算，其所須混凝土之密度較護箱本體為低。由於兩者在密度上的要求不同，兩者實際所採用的混凝土配比將於混凝土護箱施工規範或施工圖中說明。

第 3 次審查意見

同意答復。

編號	03-05-046	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S17/S15/F06	3.1	3.1.1-11	結案

第 1 次審查意見

- 1.3.1.1-11 A & G：同時應考量溫度對 304/304L 腐蝕及孔蝕之效應，及鹵素離子濃縮對密封鋼筒不銹鋼應力腐蝕破裂問題，請進一步詳述。
2. 「有關材料耐腐蝕劣化監測請見參考文獻【27】」，請直接將該文獻重點納入，並於本報告中說明環境測試試片之監測規劃。
3. 經比對 ASM 報告(如附表)，以下內文有誤，請確認以下數據正確性。一般而言不銹鋼在 marine atmosphere，孔蝕較均勻腐蝕嚴重，建議此段材料耐蝕應以孔蝕評估為優先。

G. 材料測試

正確應為 *marine atmosphere*

數據引用錯誤, 正確為 1.1mils

依據 ASM 第 13 冊「腐蝕」報告 304/304L 不銹鋼的腐蝕測試結果，在海水的環境下，其平均腐蝕率小於 0.001 mils/y(約 0.025 μ m/y)；在 15 年後局部金屬表面平均腐蝕深度為 0.011 mils(約 0.3 μ m)；在 50 年後，局部金屬表面平均腐蝕深度為 0.0037±0.00005 in(約 0.925±0.013 μ m)。由此可知密封鋼筒的外殼在正常或意外條件下，因腐蝕所造成的厚度變化並不顯著。

4. 第 3.1.1-11 至第 3.1.1-12 頁，影響系統壽命因素 G.材料測試所述「依據 ASM 第 13 冊「腐蝕」報告 304/304L 不銹鋼的腐蝕測試結果，在海水的環境下…」，此環境係指標準狀況的條件，即一大氣壓與 20°C 溫度。依據第 6.3.6-5 頁，正常貯存狀態，密封鋼筒殼體的最高溫度為 164°C，由於溫度的提升會加速密封鋼筒的腐蝕。請評估密封鋼筒在此高溫下，受海水侵蝕的腐蝕速率與 50 年期間的總腐蝕程度。

第 1 次審查意見答復說明

1. 304/304L 不銹鋼腐蝕主要受到環境中氯離子濃度影響，根據台灣地區酸沉降物質現況調查指出[1]，台灣沿海環境氯離子濃度最大約為 15ppm，而不銹鋼貯存筒因用過核燃料束所產生熱量影響，筒殼外最高使用溫度 164°C。
 - (1) 均勻腐蝕：依據『乾式貯存不銹鋼桶腐蝕劣化評估報告』[2]與『用過核燃料中期貯存設施鋼質護筒之大氣腐蝕行為研究(5/5)』[3]，推估母材與鐸道 50 年後腐蝕層厚度分別約為 0.085 與 0.09mm；核研所發表之期刊論文[4]結果顯示，在鹽霧環境中均勻腐蝕情形影響不明顯，故 50 年貯存期間，鹽霧均勻腐蝕並不影響使用安全。
 - (2) 孔蝕部分：依乾式貯存不銹鋼桶腐蝕劣化評估報告[2]與核研所發表研究結果顯示[5]，在氯離子濃度環境下，試片表面無明顯孔蝕現象，因此孔蝕不影響密封鋼筒之使用安全性。
 - (3) 應力腐蝕：依核研所發表研究[5]實驗顯示，5000ppm (0.5wt%) 氯離子濃度環境中，無明顯應力腐蝕情形。密封鋼筒貯存環境氯離子濃

度約 15ppm，故正常貯存環境下，應力腐蝕應不影響 50 年使用安全性。

2. 核一廠監視計畫建議書重點：針對可能腐蝕之銲道位置提供取樣尺寸與位置建議。除此之外，監視樣品數量、檢測時間、樣品放置方式、位置及檢驗方法皆提供相關整體規劃，以利往後監視計畫順利進行。核二廠乾式貯存筒腐蝕劣化監視計畫建議書將依據核一廠乾式貯存筒腐蝕劣化監視計畫建議書為藍本，進行相關之規劃。
3. 依建議修改為「沿海環境」。如第一題之回復，建請仍使用平均腐蝕深度。
4. 如第一題之回復，於 50 年正常使用情況下，海水所造成的腐蝕並不影響密封鋼筒使用安全。

參考文件：

1. 王碧、王正雄、鄭資英、簡宗昌、許元正、米文慧、李平泉、郭季華、徐美榕、董子棟、楊禮源、蕭美琪，”台灣地區酸沉降物質現況調查(第二年)”，行政院環保署研究報告，91 年。
2. 楊明宗、郭榮卿，”乾式貯存不銹鋼筒腐蝕劣化評估”，96 年 1 月。
3. 開執中，”用過核燃料中期貯存設施鋼質護筒之大氣腐蝕行為研究(5/5)”，行政院原子能委員會委託計畫研究報告，計畫編號 902001FCMA002，91 年 12 月。
4. M. F. Chiang, M. C. Young and J. Y. Huang, “The Corrosion Behavior of Cold-Rolled 304 Stainless Steel in Salt Spray Environments”, EAFORM 2010.
5. M. F. Chaing, H. H. Hsu, M. C. Young and J. Y. Huang, “Mechanical Degradation of Cold-Worked 304 Stainless Steel in Salt Spray Environments”, Journal of Nuclear Materials, 422 (2012) 25-68.

第 2 次審查意見

1. 依核研所發表研究[5]實驗，無法證實密封鋼筒及銲道不會發生應力腐蝕 (SCC)，請台電公司再次說明。
2. 請台電公司估算密封鋼筒在沿海環境下 SCC 的總腐蝕程度，以確保密封

鋼筒能安全貯存 50 年。

第 2 次審查意見答復說明

1. 台灣四面環海，相對溼度高，且乾式貯存設施濱臨海邊，因此材料塩霧腐蝕為乾式貯存設施劣化主要機制。根據於 200°C~400°C 含 NaCl 模擬水汽環境實驗結果顯示：不銹鋼密封鋼筒於其 50 年使用壽命中，不會因 SCC 而影響其貯存安全性。
2. 不銹鋼密封鋼筒內部為鈍氣環境（內部充填氬氣），其內部組件均無腐蝕問題發生。然而，密封鋼筒外部與流通大氣接觸，台灣沿海濕度與氯離子濃度均偏高，腐蝕將是密封鋼筒完整性劣化可能機制。根據清華大學開執中教授之『用過核燃料中期貯存設施鋼質護筒之大氣腐蝕行為研究』結果，評估 304 不銹鋼母材、鉸道於含氯離子水汽環境之腐蝕性質，以確保密封鋼筒使用之安全性。比較 304 不銹鋼母材與鉸道材料曝露於 200°C~400°C 含 NaCl 水汽實驗室模擬環境及 304 不銹鋼於 200°C 沿海戶外大氣環境腐蝕速率，不銹鋼材料於 200°C 沿海戶外環境腐蝕速率較實驗室含 NaCl 水汽模擬環境中之腐蝕速率為慢。以 20 年腐蝕總深度比較，差異約為 1 個數量級(即 10 倍以上)。根據於 200°C~400°C 含 NaCl 模擬水汽環境實驗結果推算，50 年腐蝕總深度：母材約 0.085 mm，鉸道約 0.09 mm。密封鋼筒設計厚度為 1/2 英吋（約 12.7 mm），故腐蝕不會影響其貯存安全性。在該實驗中所使用的氯離子濃度為 5000ppm (0.5wt%)，遠高於密封鋼筒貯存環境之氯離子濃度（15ppm），故正常貯存環境下，SCC 不影響使用安全。

第 3 次審查意見

1. 304 不銹鋼在氯離子環境應力腐蝕，在國際資料庫中有無數相關研究報告，304L 板材以氬鉸鉸接製程，使用 308L 或 309L 填料進行鉸接，在 80°C-10% NaCl 鹽霧環境中進行測試，結果裂縫均至鉸道旁熱影響區產生，因此熱影響區呈現高應力腐蝕/氬脆特性。
2. NRC Information Notice (2012-20)已正式將 SCC 列為密封鋼筒長期密封性能應考量之安全議題，並指出在沿海貯存環境下，SCC 是密封鋼筒極可能發生的劣化機制，有效的維護與監測計畫(Maintenance and

Surveillance program)是必須建立。請台電公司補提維護與監測計畫，以確保密封鋼筒長期密封性能。

3. Southwest Research Institute 研究報告(Nureg/cr-7030)及日本 CRIEPI 指出發生 SCC 的環境機制包括鹽分、溫度及相對濕度等，確認沿海貯存環境下發生 SCC 的可能性。台電公司應研析本土數據，建立發生 SCC 閾值，重新檢討密封鋼筒環境測試試片安裝位置。

第 3 次審查意見答復說明

1/2/3. 如同 6.5-10 的答復說明如下：

謝謝委員的意見，意見中的資料顯示鹽分濃度為正常沿海環境的 10,000 倍以上，因此呈現高 SCC 情況。在正常沿海環境鹽分濃度的貯存條件下，依據日本 CRIEPI 研究資料，當空氣中鹽分濃度超過 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上時，在 50 年的貯存期間內才可能會有 SCC 發生。台灣沿海環境的鹽分濃度與 CRIEPI 研究的背景條件相似($100\mu\text{g}/\text{m}^3$)，遠低於 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，所以核二乾式貯存設施在 50 年的貯存期間內，SCC 應不會對核二乾貯設施安全造成立即性之影響。

據了解，美國 NRC 將發展一長期研究計畫，用以界定由 SCC 所引發的情況及其與時間的關係，預期最快在 2010 年代中期此計畫才能有初步結果發表，日本 CRIEPI 也已針對 SCC 進行長期研究計畫，因此，台電公司亦正規劃委託專業機構針對 SCC 對乾貯之安全性進行研究，並持續注意美、日等核能先進國家之後續相關發展，以作為日後乾式貯存計畫運轉作業之參考。

因此，為確保乾式貯存設施長期貯存之安全性，並為加強民眾之信心，台電公司將依照審查意見，於申請運轉許可時提出核二乾貯設施維護與監測計畫，持續嚴密的監測以確認貯存安全，其中有關環境測試試片位置，將於維護及監測計畫中整體評估 SCC 效應後再檢討確認，而該計畫內容亦將研析沿海貯存環境發生 SCC 之閾值，以確認核二乾貯環境試片安裝位置有效性。此外，核二乾貯設施維護與監測計畫亦將參考上述 NRC 有關 SCC 之長期研究計畫結果，進行必要之修正。

第 4 次審查意見

同意答復。請台電公司於試運轉作業申請前，提出維護與監測計畫。

第 4 次審查意見答復說明

依意見辦理。

第 5 次審查意見

同意答復。

編號	03 -06-047	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S15	3.1	3.1.2-10	結案
第 1 次審查意見						
「依據參考文獻 2 結果推估顯示，內襯鋼板於 50 年設計壽命期間曝露於較自然環境惡劣之含氯化鈉水氣環境中，...」，請確認參考文獻 2 是否為“ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Subsection NG, Core Support Structures, American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, 2001 Edition with 2003 Addenda (p3.3-1).”。另外請提供參考文獻 2 的相關原文內容。						
第 1 次審查意見答復說明						
此處「依據參考文獻 2...」有繕打錯誤，改版後將修訂為「依據參考文獻 28...」。						
第 2 次審查意見						
同意答復。請台電公司提供修訂內容。						
第 2 次審查意見答復說明						
依意見提供修訂內容，請參見附件 03-06-B。						
第 3 次審查意見						
同意答復。						

編號	03-07-048	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S15	3.1	3.1.2-12 3.1.2-1	結案
第 1 次審查意見						
表 3.1.2-1 貯存場混凝土基座設計參數載明貯存場基座總壓密沉陷上限為 5 cm，是否應列為一、(二)(2)A 的設計及運轉參數之一？						
第 1 次審查意見答復說明						
依意見修改如下： (M) 貯存場區內，直徑 ϕ 1.8 m 混凝土樁及 1.0 m 厚之混凝土基座，基座總壓密沉陷上限為 5 cm，完成面高程為 12.3 m。						
第 2 次審查意見						
同意答復。						

編號	03-08-049	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S17	3.1	3.1.2-9	結案
第 1 次審查意見						
密封鋼筒 164°C，如蒸發發生鹽類濃縮現象，有可能在表面形成高濃度鹵素離子液態環境，具備嚴苛腐蝕性，輔以銲接殘留應力，應力腐蝕破裂傾向將大幅增加。日本已有 CRIEPI 不僅以模擬的方式評估海水鹽分的遷移與附著行為，更進行了室內及室外實驗，觀察應力腐蝕破裂的情形以及減鹽裝置的效能。JNES 詳細評估「密封鋼筒蓋銲接殘留應力分布及墜落應力分布【ref:100FCMA001 核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查之研究】」。本報告僅說明設置腐蝕監測試片，請進一步說明密封鋼筒長期抗應力腐蝕破裂的能力，並提供參考文獻[27] 供進一步審查。						
第 1 次審查意見答復說明						
如第 5 題第 1 及第 2 小題的回復說明。						
第 2 次審查意見						

同意答復。

編號	03-09-050	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S17	3.1	3.1.2-14 &15	結案
第 1 次審查意見						
<p>報告中已詳列密封鋼筒之設計負載組合&混凝土護箱之設計載重，請增列傳送護箱之設計負載組合。</p>						
第 1 次審查意見答復說明						
<p>規範 ANSI/ANS-57.9、NUREG-1536 及 ACI 349 定義貯存護箱密封鋼筒與混凝土護箱的負載組合，因傳送護箱為吊具(具屏蔽功能之吊具)，非貯存護箱，故不在負載組合之列。傳送護箱為吊具故其結構評估主要是滿足 ANSI N14.6 與 NUREG-0612 對於吊具之安全係數要求，核二乾貯在傳送護箱結構評估時，已經保守考慮 10%的動態負載因子與傳送護箱的材料溫度，並且評估結果符合 NUREG-0612 及 ANSI N14.6 對於非複置吊舉系統相對於材料降伏強度 S_y 與極限強度 S_u 的最小安全係數必須滿足 6 倍與 10 倍的要求。</p>						
第 2 次審查意見						
同意答復。						

編號	03-10-051	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S15	3.1	3.1.2-15	結案
第 1 次審查意見						
<p>「表 3.1.1-4 本系統主要設計基準及接受準則」所列混凝土最高可接受溫度高達 93.3℃，惟混凝土結構物於長期高溫狀態下使用，其材料、力學、化學特性皆可能改變，請說明如何評估其長期有效性？</p>						
第 1 次審查意見答復說明						

依據 NUREG-1536 的說明，混凝土護箱在設計壽命期間正常條件下的混凝土可接受溫度上限為 93.3°C。

第 2 次審查意見

本項意見併入 01-09 意見。

編號	03-11-052	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S15	3.1	3.1.3-1	結案

第 1 次審查意見

1. 請問乾式貯存場使用的門型吊車(gantry crane)，如何設計防止單一失靈(single-failure-proof)？
2. 請補充說明密封鋼筒吊掛系統有關門型吊車之設計需符合 NUREG-0554, NUREG-0612 及 ASME NOG-1 等應適用之內容，另鏈條捲揚機亦同；在此應增加說明此門型吊車應符合 single-failure-proof 之安全設計。

第 1 次審查意見答復說明

1. 使用複置(redundant)結構與機制，當某一設備失效時，不會導致整個系統失去其原設計功能。在本案中，吊舉設備將依據 NUREG-0612, section 5.1.6 (1)的說明，須有高於 2 倍的設計安全因子。
2. 門型吊車的氣動鍊條捲揚機與所有的吊具皆須由 2 倍以上的設計負載強度。門型吊車油壓裝置由 230 公噸的抬升能力可提舉總重量約 100 公噸滿載用過核子燃料的 TSC 與 TFR。該氣動鍊條捲揚機用以將滿載用過核子燃料的 TSC 吊放置 VCC 中，滿載的 TSC 重量約為 47 公噸，故該氣動鍊條捲揚機滿足法規要求。

第 2 次審查意見

本項意見併入 05-12 意見。

編號	03-12-053	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	S16	3.1	3.1.3-4 6.2.A-22	結案

第 1 次審查意見

執行 130 psig (9.1 kgf/cm²) 水壓測試，持續 10 分鐘之測試標準比自來水管線現場水壓持續 1 小時之測試標準還低；意外事故情況之密封鋼筒內的壓力為 250 psig，水壓測試僅 130 psig 無法涵蓋意外事故之情況，且以目視檢查洩漏之方式，是否能確保內裝氮氣在未來使用 50 年不會洩漏之高標準要求，請重新檢討壓力測試之合適性。

第 1 次審查意見答復說明

依據 ASME Section III NB-6000，水壓測試的要求為：測試壓力不低於正常設計使用壓力的 1.25 倍並至少維持 10 分鐘，於測試期間其外殼之銲道無目視可觀察到的滲漏。在本案中密封鋼筒正常使用下的設計壓力為 100 psig，故其 1.25 倍為 125 psig，保守使用 130 psig 來作為實際測試壓力。所以符合法規要求。250 psig 為意外情況下的結構計算壓力值，經分析計算，既使在 250 psig 的意外情況壓力下，密封鋼筒仍能確保其密封完整性。

第 2 次審查意見

同意答復。

編號	03-13-054	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		密封評估	S25	3.1.1	3.1.1-4	結案

第 1 次審查意見

針對 3.1.1-4~5 密封鋼筒需求規劃之(A)設計及運轉參數之敘述「密封上蓋有 6 個螺紋孔可連結特殊吊具...」，請補充附圖說明相關螺紋孔之位置及尺寸規格。

第 1 次審查意見答復說明

P3.A-4 附圖 630075-084-1-1/3 密封鋼筒上蓋組件，有相關螺紋孔詳細之位置及尺寸規格。

第 2 次審查意見

同意答復。

編號	03-14-055	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		密封評估	S25	3	3.3-1	結案
第 1 次審查意見						
本章列出 33 個參考文獻，其中 Ref. 4, 5, 10 and 21 無出版年份，請補足？是否以最新版本為參考依據？						
第 1 次審查意見答復說明						
Ref 4 為 2001 年版而 Ref 5 為 2005 年版;而 Ref 10 與 21 為申照當時最新版本。改版後將增加相關版本年份。						
第 2 次審查意見						
請台電公司檢討所有參考文獻(含 Refs. 4 & 5) 統一採用「申照當時最新版本」。						
第 2 次審查意見答復說明						
<p>混凝土護箱品質分類為 B 級，在美國申照時其設計所依據版本為 1985 年版，而相關的分析評估皆依此版本進行，也為 NRC 所接受，並說明在 FSAR 中。在貯存場的設計部分，其依據法規的選用是根據國內承包商在執行相關分析與評估所使用的版本。此部分的版本差亦不影響相關安全性。</p> <p>由於參考文獻 4 和 5 之版本與相關的計算要求和基準有關，目前相關的計算皆依據第一次意見回覆的版本進行，故請建議維持相關使用版本。</p>						
第 3 次審查意見						
併 03-02 處理。						

編號	03-15-056	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		場址	S09	3		結案
第 1 次審查意見						
核二廠用過核子燃料乾式貯存場址特性調查綜合評估報告指出場址有液化潛能，因此基礎採基樁設計。惟貯存場基礎(pad)為一厚度 1.0 m 的基座加						

上直徑 1.8 m 的混凝土基樁，基礎與混凝土護箱的結構特性考量與結構設計未於報告中說明，例如基座是否配筋？基座與基樁的連接型式？混凝土護箱是僅置於基座上、或是與基座(或基樁)有鋼筋連接？請補充說明。

第 1 次審查意見答復說明

基座內均配置鋼筋(底、頂層)，基樁之樁頭處理鋼筋埋置於基座內。混凝土護箱僅置於基座上，結構上未與基座有鋼筋連接。

第 2 次審查意見

同意答復。

編號	03-16-057	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		場址	S09	3		結案
第 1 次審查意見						
混凝土護箱與基樁的相對位置，請補充圖說。						
第 1 次審查意見答復說明						
為同心配置，每座混凝土護箱均由對應之基樁承載，相對位置示意圖請參考圖 3.2.1-2。						
第 2 次審查意見						
同意答復。						

編號	03-17-058	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		場址	S09	3		結案
第 1 次審查意見						
表土沖積層的厚度不大且具有液化潛能，即使基礎採混凝土基座加基樁設計，是否考慮進行地盤改良，減低液化機率。						
第 1 次審查意見答復說明						

1. 液化潛能評估依據法規：依據核能法規 RG1.198 及國內建築物耐震設計規範之規定，地下水位以上非飽和砂土不需考慮土壤液化，故本廠址沖積層並非全面發生液化。
2. 基礎形式之方案選擇：依據設計最大地表加速度檢討土壤液化潛能，進一步考慮土壤參數之折減，如僅靠土壤支承之筏式基礎，由於土壤局部液化，將產生不均勻沉陷，為避免此現象，故於筏式基礎置放混凝土護箱位置處，加設 27 支直徑 1.8m 深入岩盤 1.8m 之基樁。
3. 筏式基礎加基樁針對土壤液化之分析：本基礎分析採用土壤彈簧模式，將樁以樑元素模擬，土壤用垂直及水平地盤反力係數乘以液化折減係數模擬，實際考慮地震及液化之影響。
4. 結論：由於地下水位以上非飽和砂土不需考慮土壤液化問題，且基礎設計時已將地下水位以下之土壤液化影響納入設計考量，分析結果顯示基樁最大水平變位僅 1.65cm，且基樁貫入岩盤，其垂直沉陷可控制在容許範圍內，故基礎設計採用混凝土基座加基樁即可克服液化問題，不需進行地盤改良。

第 2 次審查意見

同意答復。

編號	03-18-059	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		品質	S28	3.1.1	3.1.1-8(B)	結案
第 1 次審查意見						
材料可採 CNS 國家標準，請說明係指那些編號的 CNS 國家標準。						
第 1 次審查意見答復說明						
CNS 12891 混凝土配比設計準則與 CNS 3090 預拌混凝土，鋼筋應符合 CNS560 之規定。						
第 2 次審查意見						
同意答復，請列入相關章節並提供修訂內容。						
第 2 次審查意見答復說明						

依意見提供修訂內容，請參見附件 03-18-B。

第 3 次審查意見

同意答復。

編號	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
03-19-060	品質	S28	表 3.1.1-8	3.1.1-26 3.1.1-27	結案

第 1 次審查意見

有關密封鋼筒採用 ASME 替代方案之意見如下：

1. 是否排除適用 ASME 標章，除考量管制要求之一貫性外，也要考量管制環境的現況及民眾對安全的期望，因此如果決策上已定調排除適用 ASME 標章，則請說明技術及有說服力的理由，並提出一套符合 ASME 規範要求精神的替代方案，並要求台電公司聘請具公信力之第三者，執行獨立檢驗。第三者獨立檢驗機構之資格及檢驗方案、檢驗員資格等請提送物管局。不宜僅以符合 10 CFR 72 subpart G 之品保方案執行替代。
2. 請說明壓力保持材料之供應廠商及其品保方案是否經台電審查。
3. NB-5230 所要求之 RT 檢測不應降低品質要求，改以 PT 檢測替代，兩種檢測技術之特性不同。

第 1 次審查意見答復說明

1.
 - (1) 在美國，密封鋼筒的設計、製造與品保僅要求依循 ASME 相關法規，並未要求須有 ASME N Certificate Holder 資格的製造商來進行相關製造，亦不要求實施標章（stamping）。
 - (2) 本案所用的密封鋼筒係依據 ASME 法規進行相關設計，而密封鋼筒的製造將由具有 ASME N Certificate Holder 資格的製造商，依據相關的 ASME 法規進行製造工作與品保作業。目前美國 NRC 並未要求密封鋼筒需實施標章，故本案的密封鋼筒將依據 ASME 法規進行相關設計、製造與檢查，但不實施標章。第三者查驗的部分將依據核一乾貯模式，對品質等級 A 的項目非破壞性檢驗進行查驗。

2. 所有材料供應商皆須有 ASME NCA 中所規定的材料組織 (material organization) 的資格。目前密封鋼筒製造商俊鼎公司具有該項資格，且台電公司已審查其品保方案。
3. 依 ISG-15 說明密封上蓋對鋼筒外殼的銲接檢查可使用漸進式液滲檢查 (progressive PT) 來取代 PT+UT 或 PT+RT 及氦氣測漏。除此之外密封邊界的銲接皆須執行 PT+UT 或 PT+RT 及氦氣測漏等測試。

第 2 次審查意見

1. 請說明何謂漸進式液滲檢查 (progressive PT)，其與傳統 PT 檢測有何不同？它如何能取代 PT+UT 或 PT+RT 及氦氣測漏，請詳細說明。
2. 「表 3.1.1-8 密封鋼桶採用 ASME 替代方案一覽表」中每一項目均應填寫 Deviation Report 經適切審查及核准。上述答覆均應有 proper engineering evaluation and Approval by authorized person。

第 2 次審查意見答復說明

1. ISG-15 (Interim Staff Guidance, 美國核管單位審查指引) 與 ISG-18 中對密封上蓋與密封鋼筒間的銲道說明：此部分銲道當無法執行 RT、UT 與氦氣測漏時，在滿足下列條件下可使用漸進式液滲檢查來取代之。
 - A. 銲道至少有三層，且需對根部、中間層與表面層進行液滲檢查。
 - B. 該銲道的計算強度只能保守採計材料容許強度的 80%。
2. 依據 NUREG 1536 3.5.1.2.i. (2) 規定，乾式貯存系統開發廠商可於執照申請時向美國 NRC 提出不適用的法規要求及其替代方案，在美國此些替代方案需在安全分析報告中提出，並經 NRC 同意。目前本案所用的替代方案與 NRC 核可的 Magnastor 87 相同，而 NRC 核可的說明在 Magnastor COC 4.2 節中說明。

第 3 次審查意見

同意答復。請於「表 3.1.1-8 密封鋼桶採用 ASME 替代方案一覽表」內註記與 NRC 核可的 Magnastor 87 相同的相關內容。

第 3 次審查意見答復說明

依意見，將於「表 3.1.1-8 密封鋼桶採用 ASME 替代方案一覽表」內註記與 NRC 核可的 Magnastor 87 安全分析報告相同之相關內容，如附件 3-19-C 所示。

第 4 次審查意見

同意答復。

編號	03-20-061	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		品質	S28	表 3.1.5-1 表 3.1.5-2	3.1.5-3 3.1.5-7	結案

第 1 次審查意見

- 1.表 3.1.5-1 組件之分級是否完全依據 NUREG/CR-6407 文件表 6 之分類原則分級？是否有差異？如有差異，請列表並逐項說明差異理由。
- 2.p.3.1.5-7 FBA-006 與 FBA-011 之分級分別為 NQ 及 C 是否合理、一致？請說明。

第 1 次審查意見答復說明

1. 是，符合 NUREG/CR-6407 文件表 6 之分類原則分級。
2. FBA-006 是屬非結構作業用元件，如潤滑劑，其不影響提籃的設計安全性，故分類為品質等級 NQ。FBA-011 則為非結構支撐元件，如排水與排氣用的位限板（其作用在於限制排水與排氣管在提籃中的位置），僅屬提籃的安全輔助元件，故其分類為品質等級 C。

第 2 次審查意見

同意答復。

編號	03-21-062	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		綜合	F05	1		結案

第 2 次審查意見(新增)

請列表說明本安全分析報告除了採用原 MAGNASTOR FSAR R0 版以外，其他採用 R1 版及 R2 版之數據。並說明採用 R1 版及 R2 版之理由，及採用

不同版次數據對本案之影響。

第 2 次審查意見答復說明

1. NAC 公司 MAGNASTOR 乾貯系統已經 NRC 核准，CoC 編號 1031。
2. 自 2009 年迄今 NRC 分別核准 3 個修正案 (Amendment) 如下：
Amendment 0: 2009 年 2 月 4 日
Amendment 1: 2010 年 8 月 30 日
Amendment 2: 2012 年 1 月 30 日
3. NAC 公司根據 NRC 核准文件，發行安全分析報告(FSAR)，如下：
FSAR Rev.0：2009 年 2 月
FSAR Rev.1：2011 年 1 月
FSAR Rev.2：2012 年 4 月
4. 核二 SAR 編寫邏輯係依照 2011 年 1 月已發行之 MAGNASTOR FSAR Rev. 1 (CoC Amendment 1) 與當時(2011 年) NRC 正在審核的 Amendment 2 (FSAR Rev. 2)之內容，故現今整體核二廠用過核子燃料乾貯系統的安全分析報告與 MAGNASTOR FSAR Rev. 2 內容一致。而 MAGNASTOR Rev. 2 與 Rev. 1 之主要差別僅在於中子吸收材料 ^{10}B 面密度的不同，Rev. 1 定義的 ^{10}B 面密度為 0.027 g/cm^2 ，Rev. 2 有三種 ^{10}B 面密度可供選擇，分別為 0.02 、 0.0225 與 0.027 g/cm^2 。因為本案待貯存燃料最高濃縮度僅 $3.25 \text{ wt}\%$ ，因此只要 ^{10}B 最小面密度在 0.02 g/cm^2 以上，即可滿足本案之臨界安全需求。在安全分析報告中第六、一節臨界安全評估以中子吸收材料 ^{10}B 面密度 0.02 g/cm^2 作不同燃料設置條件下的靈敏度分析，以及正常、異常及意外情況下的最大反應度計算，說明 ^{10}B 面密度 0.02 g/cm^2 對於本案的合適性，證明此變更不影響本案。

第 3 次審查意見

同意答復。有關 ^{10}B 面密度併 6.1-10 處理。

編號	03-22-063	分組	審查代碼	章節	頁碼	狀態
		結構	F06	3.1	3.1.2-1	結案
第 1 次審查意見						

貯存場樁基礎基座之安全設計基準、樁體嵌入岩盤深度及應依循之規範內容等，請台電公司修正補充於安全分析報告相關章節中。

第 1 次審查意見答復說明

1. 貯存場之混凝土基座與基樁之設計係依據 ACI 349 與建築物基礎構造設計規範相關章節規定。
2. 混凝土基座樁體嵌入岩盤深度至少 1.8 m 深，示於圖 3.2.1-2，如附件 03-22-A 所示。
3. 相關修改內容如附件 03-22-A 所示。

第 2 次審查意見

同意答復。