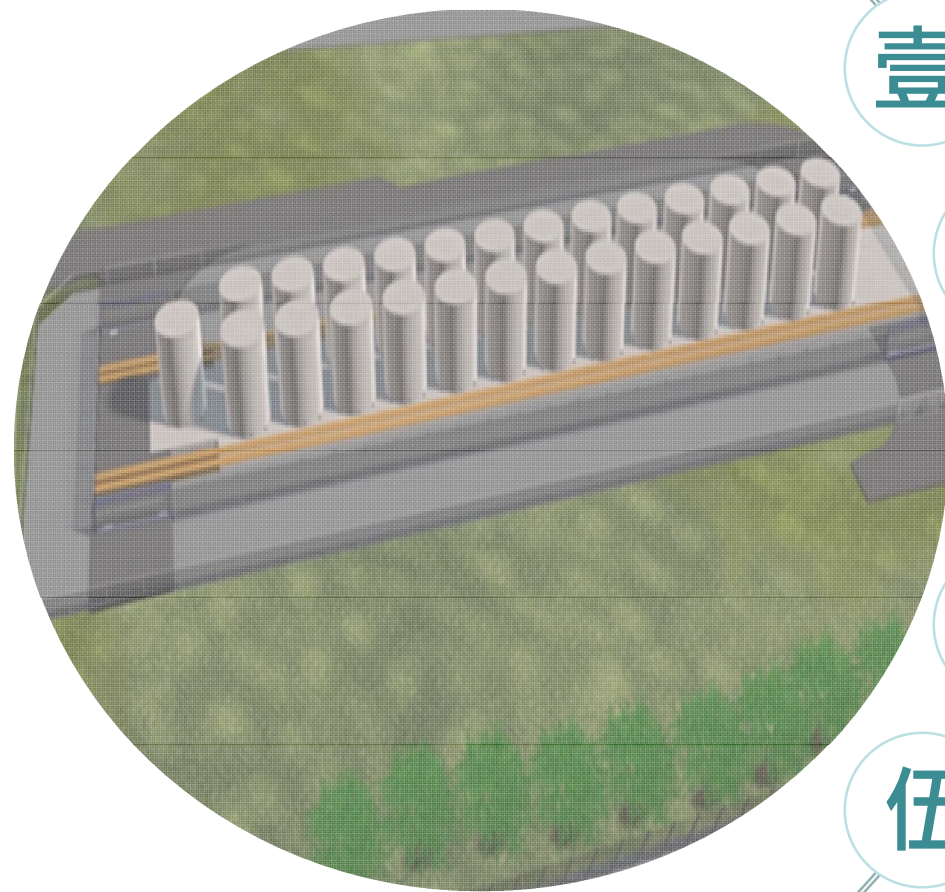




乾貯設施防範地震之因應作為

核安會

113年12月30日



壹

前言

貳

乾貯設施耐震設計管制要求

參

乾貯設施設計基準地震分析

肆

超越設計基準地震分析

伍

結語



壹

前言

廠區內

- 台電公司參照核能先進國家之作法，規劃於核電廠區內興建乾式貯存設施，以利電廠除役作業。

地震影響

- 台灣地震頻繁，乾貯設施應審慎評估地震造成之影響，以確保用過核子燃料貯存安全。

案例說明

- 本報告將以核一、二廠室外乾貯設施為案例說明我國對於乾貯設施防範地震之因應作為。



貳

乾貯設施耐震設計管制要求

■ 用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則

- 乾式貯存設施位於核能電廠場址內者，設施基座及貯存護箱之耐震設計，應**參照反應器廠房耐震設計基準設計**。該設施遮蔽用地上建築物，除配合貯存護箱之設計性能要求外，至少需依照內政部「建築物耐震設計規範及解說」進行結構設計。
- 貯存護箱之耐震設計，在正常運作、異常狀況、意外事故及自然災害事件下，應維持用過核子燃料結構完整性，貯存護箱不得有傾倒或放射性物質外釋之情形。
- 經營者應就場址、設施及作業特性，合理地進行**超越設計基準事故**分析並提出說明，其分析結果仍應維持貯存護箱完整性。



乾貯設施設計基準地震分析

核一廠室外乾貯設施耐震設計基準 岩盤水平加速度0.3g

- 依照核一廠反應器最終安全分析報告FSAR規定設計

核二廠室外乾貯設施耐震設計基準 岩盤水平加速度0.4g

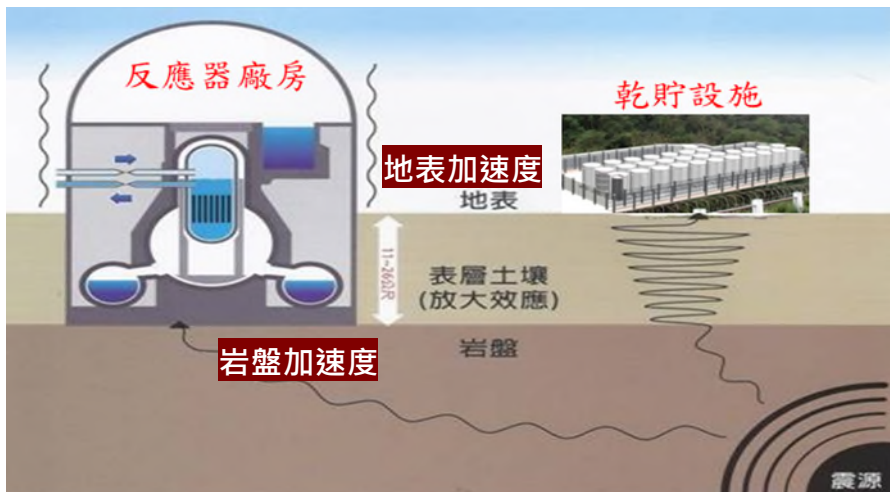
- 依照核二廠反應器最終安全分析報告FSAR規定設計

皆遠小於設計基準

	1999年南投921地震 規模7.3	2002 年331花蓮地震 規模6.8	2024年花蓮0403地震 規模7.2
核一廠	0.04g	0.03g	0.0281g
核二廠	0.04g	0.041g	0.0338g



乾貯設施設計基準地震分析



岩盤加速度

是指在未經過土壤等地質材料過濾的岩盤層上，地震造成的最大加速度。

地表加速度

是指地震波經過地表材料(如土壤)的傳遞後，在地表上產生的最大加速度。地表加速度通常因地質條件而放大或減少。

模擬評估方式

依據美國土木工程學會(ASCE)的核設施抗震設計規定
垂直加速度為水平加速度的2/3

土壤結構互制效應

利用Shake及SASSI程式
計算



動態分析

利用LS_DYNA程式計算
再以ABAQUS程式平行驗證



乾貯設施設計基準地震分析

核一廠室外乾貯

岩盤加速度

水平：0.3g

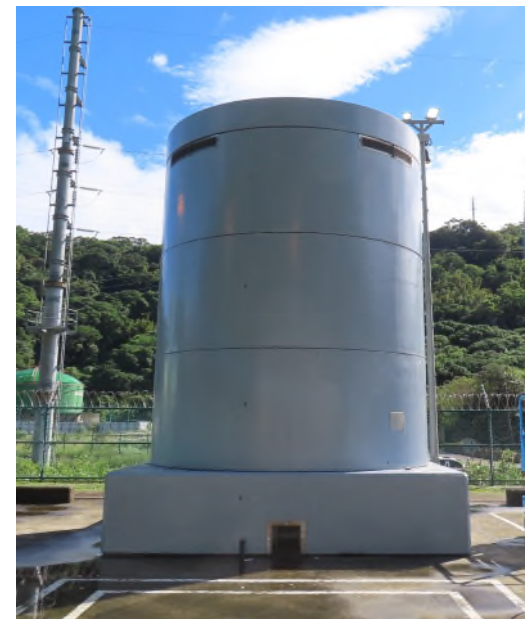
垂直：0.2g

Shake及SASSI
土壤結構互制效應

地表加速度

水平：0.5g

垂直：0.33g



- LS_DYNA 動態分析：最大地震規模0.5g 與40 秒地震歷時下
- 分析結果：貯存護箱最大水平滑動距離無外加屏蔽為13.1公分，有外加屏蔽為4.2 公分，護箱之間並無相互碰撞或傾倒之虞。
- 以ABAQUS程式平行驗證：其結果亦證明護箱僅輕微滑動，不會碰撞或發生傾倒。



乾貯設施設計基準地震分析

核二廠室外乾貯

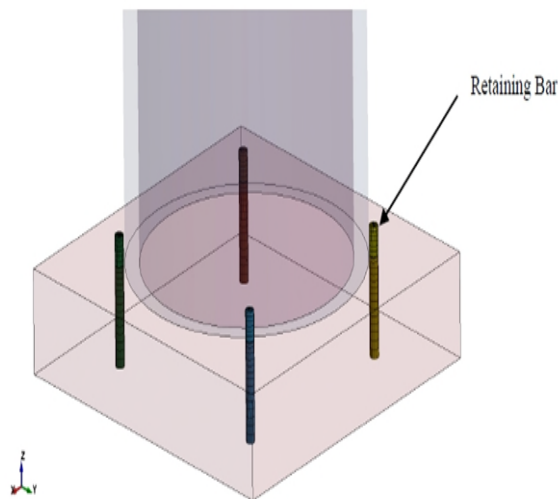
岩盤加速度

水平：0.4g
垂直：0.27g

Shake及SASSI
土壤結構互制效應

地表加速度

水平：0.88g
垂直：0.78g



- LS_DYNA 動態分析：最大地震規模0.88g 與40 秒地震歷時下
- 分析結果：混凝土護箱產生的最大傾角僅4.0°，護箱雖有些微滑動，但不至於傾倒，並且仍被限制於四根固定樁內。
- 以ABAQUS程式平行驗證：其結果亦證明護箱仍被限制於四根固定樁內，不會發生傾倒。



乾貯設施設計基準地震分析

保守進行傾倒事故分析

理論上不會發生

- 經分析評估護箱產生滑移得臨界加速度小於傾倒的臨界加速度，因此混凝土護箱的傾倒，在實際狀況下沒有任何設計基準內的意外事故會導致混凝土護箱傾倒。
- 核一廠傾倒分析結果：密封鋼筒提籃頂部最大加速度為 26.9 g，結構蓋板最大加速度則為 29.8 g。可符合 30 g 側向加速度之衝擊應力。
- 核二廠傾倒分析結果：密封鋼筒提籃頂部最大加速度為 26.6 g，結構蓋板最大加速度則為 29.6 g。可分別符合 35 g及40g 側向加速度之衝擊應力。
- 護箱內部貯存燃料仍可維持結構完整性，傾倒不會造成放射性物質外釋。

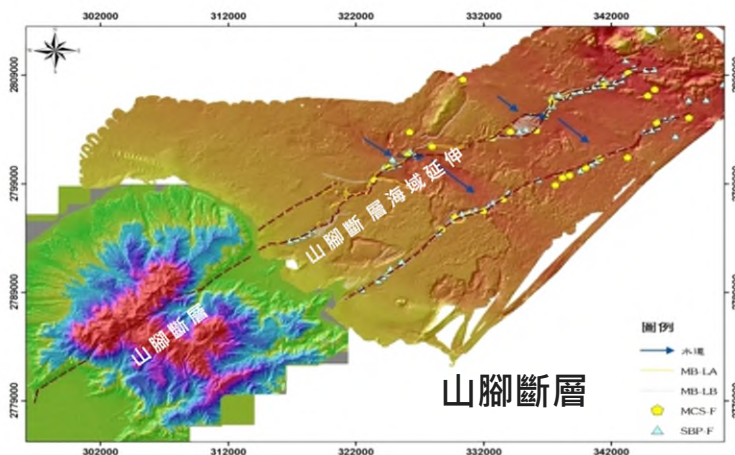


肆

超越設計基準地震分析

■ 核安會要求辦理乾貯設施耐震安全再檢核

為確保核電廠設施之耐震安全，核安會要求台電公司先保守考慮假設山腳斷層114公里(海域構造線型長度假設延伸至北部海域的棉花峽谷)情況下，進行核電廠地震危害分析與耐震能力評估。



乾貯設施耐震評估部分，核安會要求台電公司以設計基準地震之1.67倍，即核一廠岩盤水平加速度0.51g及核二廠0.67g進行乾貯設施耐震安全再檢核。



肆

超越設計基準地震分析

廠別	超越地震設計基準 (岩盤加速度)	土壤結構互制後 地表加速度	評估結果
核一廠	水平：0.51g 垂直：0.34g	水平：0.777g 垂直：0.342g	貯存護箱會滑動，但不會互相碰撞，亦不會發生傾倒。
核二廠	水平：0.67g 垂直：0.45g	水平：1.255g 垂直：0.521g	貯存護箱會滑動，但不會發生傾倒。

- 核一廠LS_DYNA分析結果：貯存護箱(含外加屏蔽)最大水平滑動距離為13.5公分，護箱之間並無相互碰撞或傾倒之虞。
- 核二廠LS_DYNA分析結果：混凝土護箱產生的最大傾角為6.26°，護箱雖有搖擺且護箱底部外緣有高於移限制器之現象，但仍不至於造成傾倒。
- 另以ABAQUS程式進行平行驗證，亦得到相同結果。



肆

超越設計基準地震分析

■ SSHAC Level 3

福島核災後，為確保核電廠之安全重新審視地震風險，核安會基於美國核能管制委員(USNRC)的福島改善建議「NTTF 2.1: Seismic」，要求台電公司依照 SSHAC Level 3 的標準進行核電廠的地震危害評估。

■ 乾貯設施因應策略

- 室外乾貯：已依0.51g及0.67g的超越設計基準地震分析及傾倒事故分析，可確認燃料貯存安全。室外乾貯護箱未來將移入室內乾貯設施貯放。
- 室內乾貯：正在規劃招標中，台電公司已於招標規範中載明，承攬商應依據主管機關核定之SSHAC Level 3地震力辦理設施超越設計基準地震分析。



伍

結語

乾貯設施採用與核電廠一致之設計基準地震值：

核一、二廠乾貯設施安全分析報告評估結果，貯存護箱在設計基準地震下僅產生輕微滑動，無碰撞或傾倒風險，可維持用過核子燃料結構完整性，不會有放射性物質外釋疑慮。

乾貯設施超越設計基準地震分析：

核安會要求台電公司以核一、二廠設計基準地震之1.67倍進行乾貯設施耐震安全在檢核，評估結果亦證明可維持用過核子燃料結構完整性，不會有放射性物質外釋疑慮。

核安會已要求台電公司制定設施意外事件應變計畫：

針對各項意外事故擬定復原程序，確保用過核子燃料貯存安全。



簡報完畢，敬請指教