

NAR Labs

國家實驗研究院

從日本能登半島地震看 臺灣地震風險與防災科技現況

國家地震工程研究中心 葉錦勳

2024/1/17

NCREE

www.narlabs.org.tw

簡報大綱

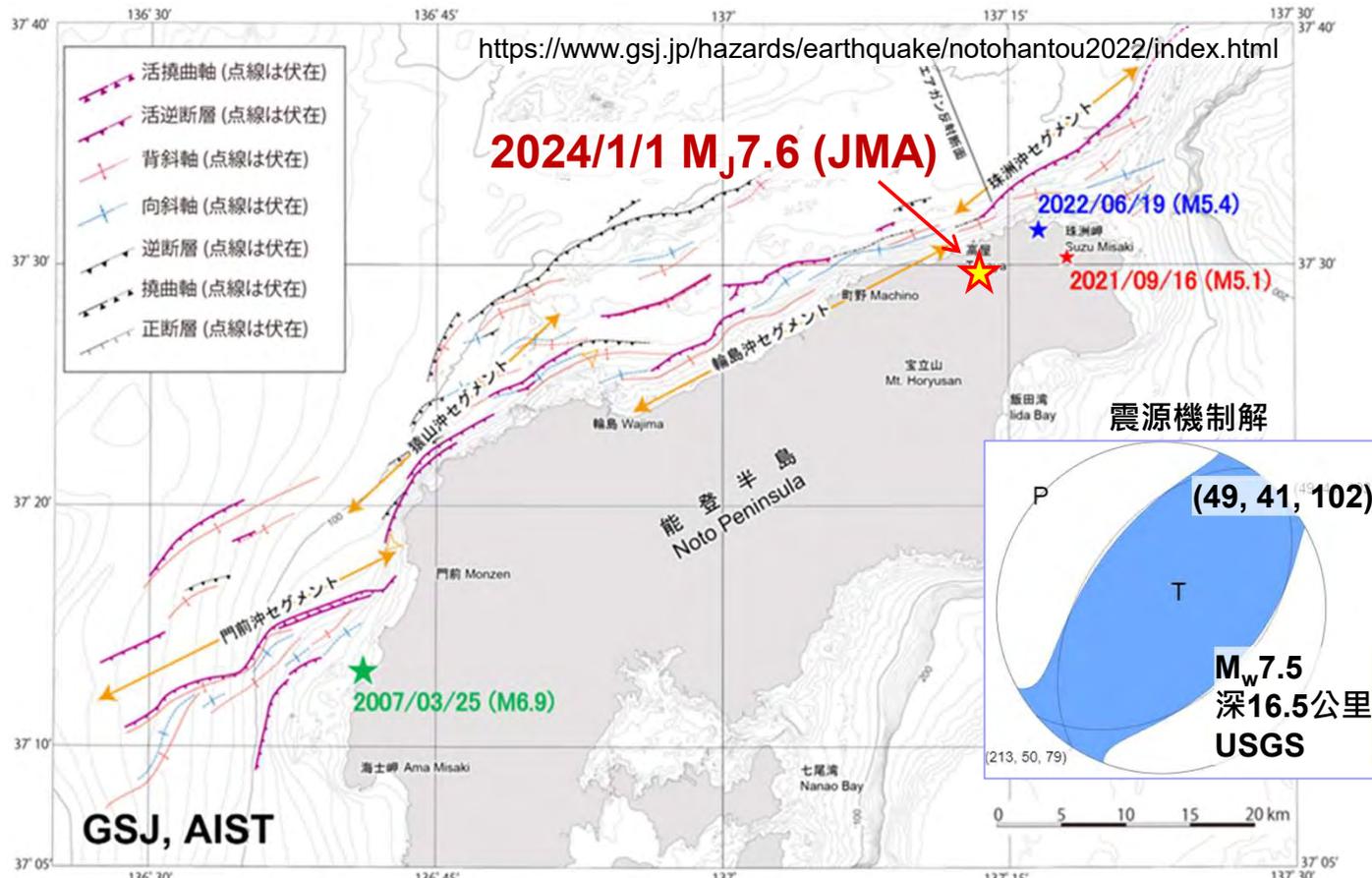
- 2024/1/1日本能登半島地震災情概述
- 台灣與日本地震災害特性差異
- 台灣地震防災科技現況
- 台灣地震風險評估
- 未來幾年值得關注的斷層風險
- 結語

1999年九二一地震的勘災照片

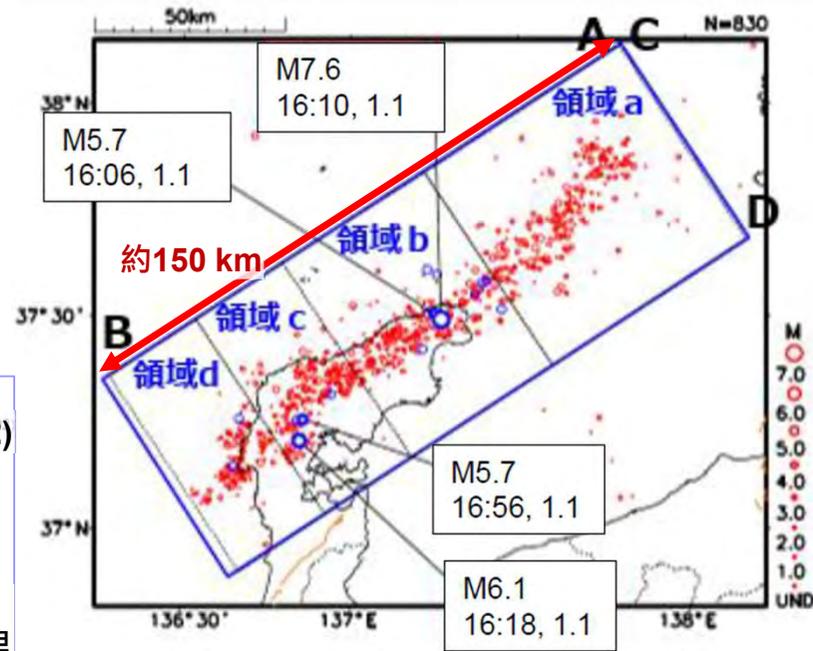


2024/1/1 日本能登半島地震 災情概述

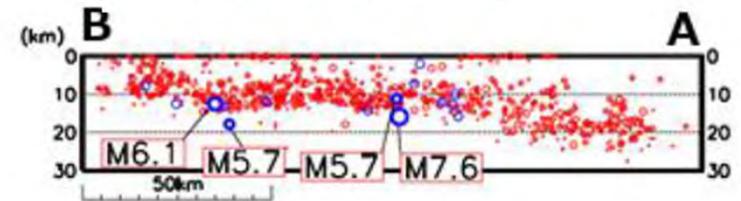
日本能登半島地震—孕震構造



餘震分布2024/1/1 10 a.m. ~2024/1/2 8 a.m.
(by Japan Meteorological Agency)

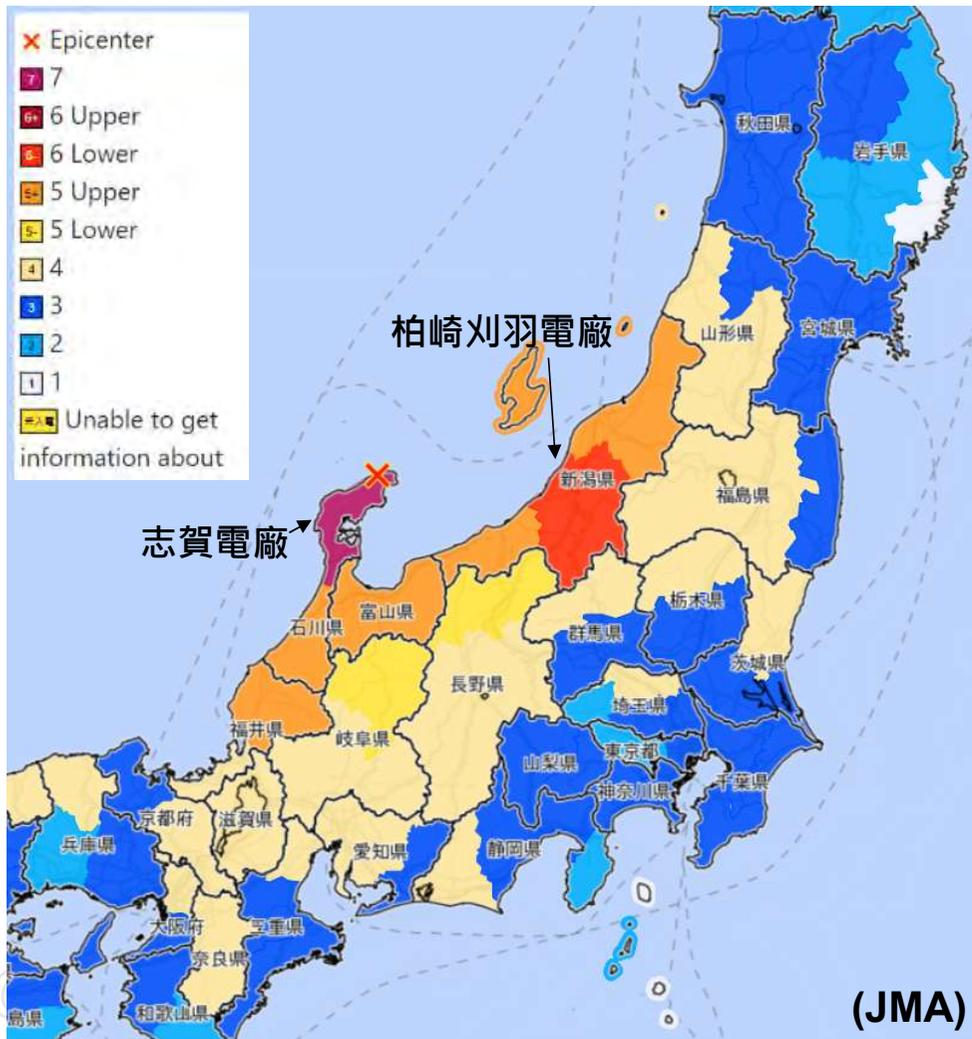


Cross-section diagram



根據日本氣象廳(JMA)所繪製的餘震分布呈東北東方向，對比日本地質調查總合所(GSJ)的海域構造圖，此次的斷層活動可能與門前沖+猿山沖+輪島沖+珠洲沖的斷層活動有關

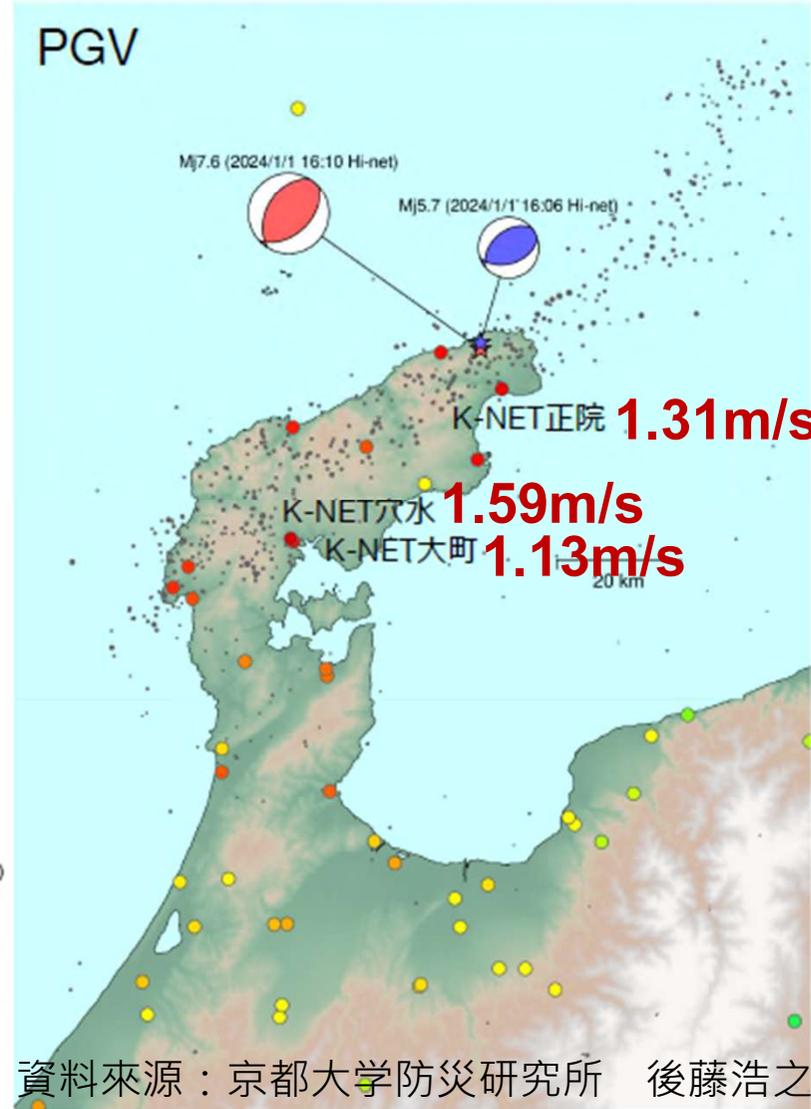
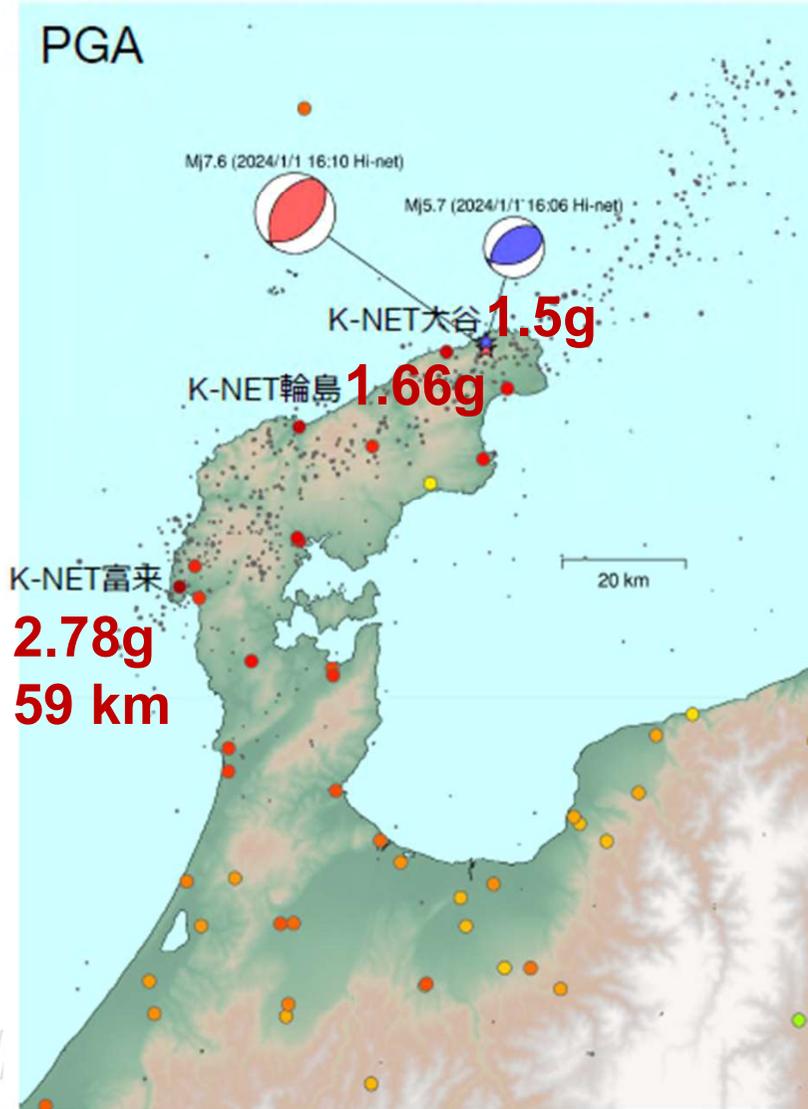
日本能登半島地震—震度分布



PGA (gal)	JMA	CWA	MMI
0~0.8	0	0	0.05 I
			0.3 II
0.8~2.5	1	1	III
2.5~8	2	2	2.76 IV
			6.2 V
8~25	3	3	11.5 VI
25~80	4	4	21.5 VII
			40.1 VIII
80~140	5弱	5弱	PGV 15~30 IX
140~250	5強	5強	PGV 41.4 VIII
			30~50
250~440	315 6弱	6弱	50~80
	400 6強		
440~800	7	6強	80~140
800~		7	140~ cm/s
			178 IX
			178~ cm/s X+

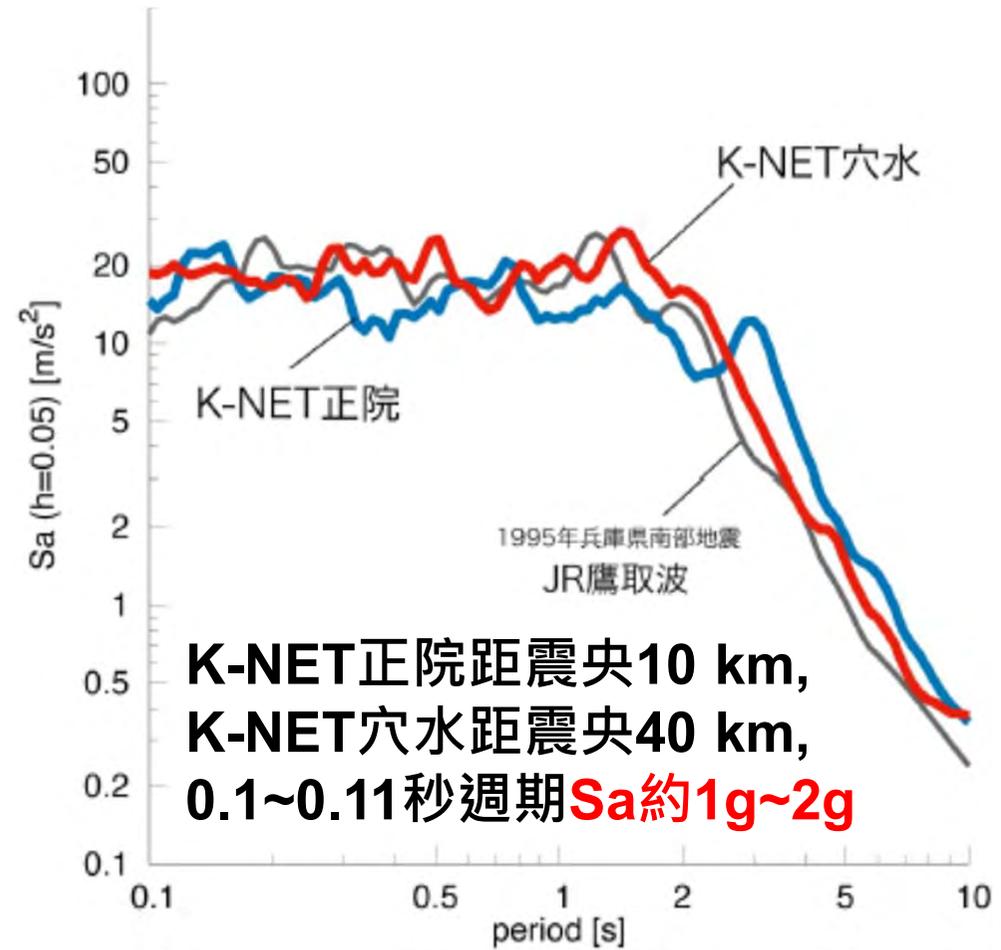
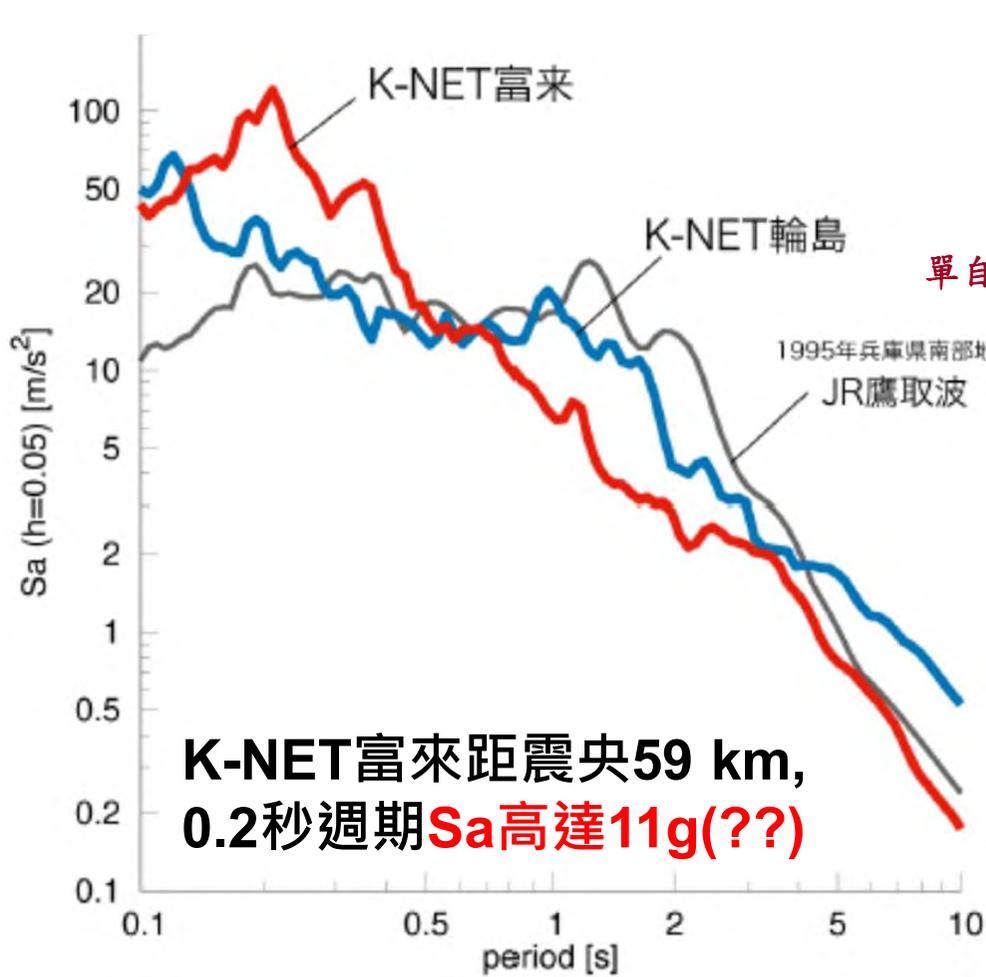
最大加速度 (水平2成分合成)

最大速度 (水平2成分合成)



資料來源：京都大学防災研究所 後藤浩之

結構彈性加速度反應譜(阻尼比 $\zeta = 0.05$)



傷亡重災區分布

統計至2024/1/11：(節錄自維基百科)

213人死亡 (8人因災死亡)

567人受傷

37人失蹤

以下傷亡統計至2024/1/6下午5點

	Place	Dead	Missing	Injured	Refugee	Safety is unknown
①	Suzu city	38	1	145	7,122	39
②	Wajima city	69	-	51	12,506	140
③	Noto town	2	0	35	4,170	10
④	Anamizu town	9	0	185	2,693	12
⑤	Shika town	2	0	75	1,096	0
⑥	Nanao city	5	0	3	2,466	4
⑦	Nakanoto town	0	0	1	242	0
⑧	Hakui city	1	0	7	138	0
⑨	Hodatsushimizu town	0	0	0	59	0

NCREE

(日本金澤大學宮島昌克教授提供)

2024/1/17

從日本能登半島地震看臺灣地震風險與防災科技現況



七層RC造建築倒塌



三層RC造建築傾斜



七層RC造建築底層塌陷/傾斜



七層RC造倒塌建築之底部



(拍攝地：輪島市

Innovation In 日本金澤大學宮島昌克教授提供)



山崩導致交通中斷



電桿損害阻礙交通



土壤液化現象



山崩導致交通中斷



電桿損害阻礙交通

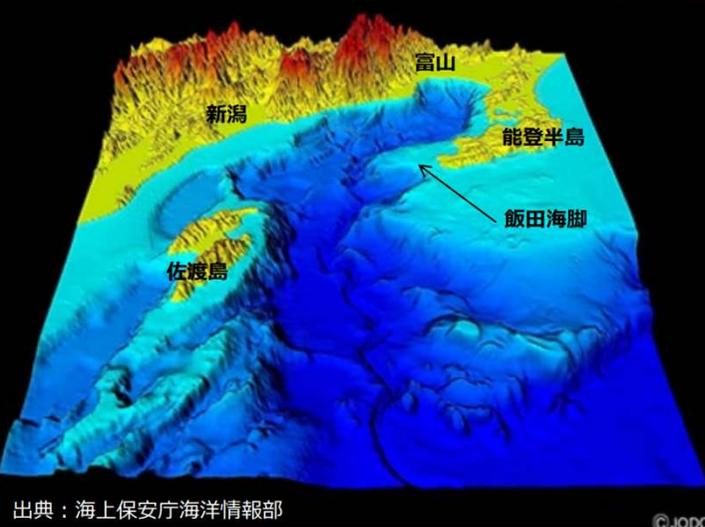
(拍攝地：輪島市
日本金澤大學宮島昌克教授提供)



人孔上浮阻礙交通

珠洲市 (Suzu City)

飯田港 Iida



2024年能登半島地震津波 - 地震の概要と調査速報
2024年1月9日 地震工学委員会

災情彙整小結

- 目前僅知少數RC建築損害或倒塌；但有大量木造建築倒塌或燒毀，可能起因於屋齡老舊、木材劣化、瓦片屋頂過重、地震動過大等
- 倒塌建築殘骸、液化造成人孔上浮、路基崩塌或邊坡滑落...等現象，均可能阻礙交通，影響救災效率。應研擬二次災害防治對策
- 根據目前資訊，損害橋梁多為伸縮縫/支承滑移、路面落差及裂縫
- 石川縣14家、新潟縣1家、富山縣1家醫療機構受到損害，譬如無法使用電力、水和醫療氣體。石川縣1所醫療機構有倒塌風險
- 受地震影響區域內的志賀核電廠、柏崎刈羽核電廠目前未發現安全設施損害，且無輻射異常現象

台灣與日本地震災害特性差異

世界の震源分布

- 多數地震發生於板塊交界處：環太平洋地震帶(約85%)、歐亞地震帶、中洋脊地震帶
- 板塊交界的運動型態概分：分離、聚合或守恆



構造性地震的特徵

- 指斷層破裂所引起的強烈地震動現象
- 震源種類：依斷層位置
 - 地殼地震(板塊內部)、隱沒帶地震(聚合板塊交界)
- 震源深度：依破裂深度
 - 淺層地震、深層地震
- 斷層破裂機制
 - 正斷層、逆斷層、左移/右移斷層、正移/逆移斷層...
- 地震規模

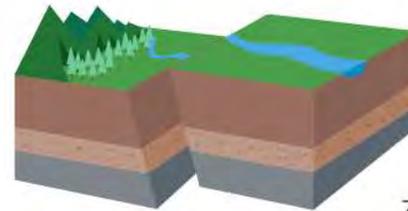
- 描述地震大小的尺度；依地震所釋放的能量而定，以無單位的實數表示
- 日本氣象廳使用 M_J 、台灣中央氣象署 M_L ：適合地震速報但有飽和現象
- 震矩規模 M_w ：由斷層面解之地震矩 M_0 反算，可反映震源物理特性(斷層破裂面積、滑移量、地層剛性係數)

$$M_0 = \mu \cdot A \cdot D$$

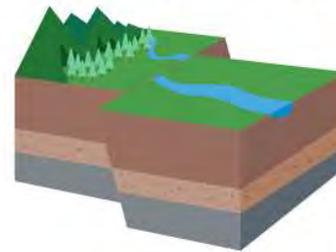
$$M_0 = 10^{1.5M_w + 9.1} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

橫移斷層：以觀測者面對斷層相對之左右移動

(剪切)



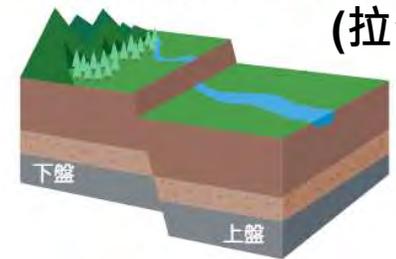
左移斷層



右移斷層

正斷層：上盤對下盤相對向下移動

(拉伸)

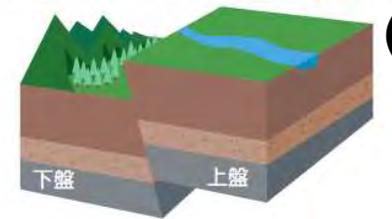


下盤

上盤

逆斷層：上盤對下盤相對向上移動

(擠壓)



下盤

上盤

台灣常見的地震災害潛勢(hazards)



斷層破裂：淺層地震可能引致地表永久變位
 → 結構基礎或地下管線因強制變形而損害

土壤液化：飽和鬆散砂質土壤沉陷/側饋
 → 工程結構物不均勻沉陷或傾倒

山崩/地滑
 → 堰塞湖、山區部落交通中斷形成孤島

隨距離衰減之強烈地震動
工程結構物撓剪破壞
 → 建築/橋梁/設施傾斜/崩塌

近域長週期速度脈衝
 → fling-step/directivity(方向效應)

遠域場址效應
 → 軟弱地盤/地形/地貌

海嘯(tsunami)—日語：津波，港邊的波浪

- **生成條件**：海底地形在極短時間內發生巨大變化，導致大量水體受到擾動，譬如海域近地表的正/逆斷層破裂、海底火山爆發、海底山崩或土石滑動
- 因波速與水深有關 $[v \sim (g \times H)^{0.5}]$ ， v ：波速， g ：重力加速度， H ：水深。遇到適當海底地形(如大陸棚)，水深由深至淺緩慢變化時，因前端水體波速變小，但後端水體仍持續湧入，導致浪高增大而造成海嘯
- 構造性地震之規模 ≥ 7.5 較可能引致具殺傷力的海嘯；因流速大，兼拽引力和浮力雙重作用，可輕易沖毀結構物
- 台灣東部海域之沿岸海底地形陡峭，不利海嘯生成
- $H \sim 1000 \text{ m} \rightarrow v \sim 100 \text{ m/s} \sim 360 \text{ km/hr}$ ；比高鐵車速大
- 在深海處浪高僅數公分，不易察覺；但到淺水處，浪高逐步增大，可高達10 m以上

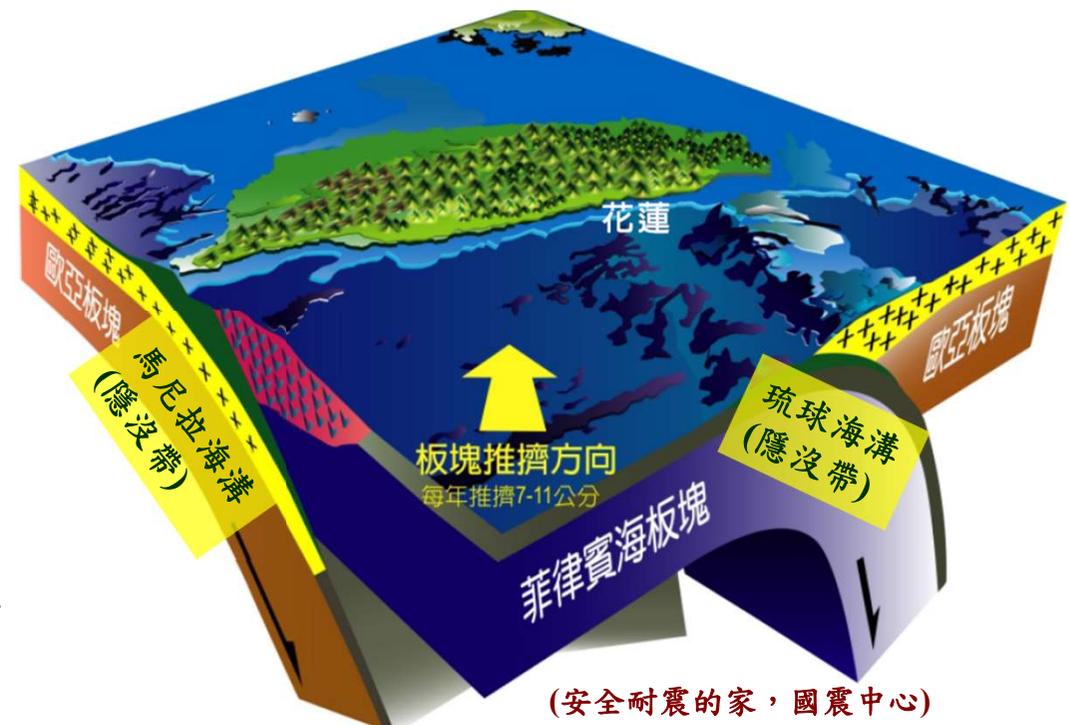
日本附近的地體構造

- 位處四大板塊交界處；鄰近極長兩條隱沒帶(海溝)，隱沒帶在深海處且與海岸約略平行
- 當數百公里長的隱沒帶介面一次破裂時可能引致大規模的地震，如2011年日本東北大地震($M_w 9.1$)
- 如(逆/正)斷層破裂面出露海底地表，因大量水體在短時間內移位，即可能在平坦海域引發海嘯
- 斷層滑移方向與海嘯行進方向約略一致，導致的溢淹深度較大



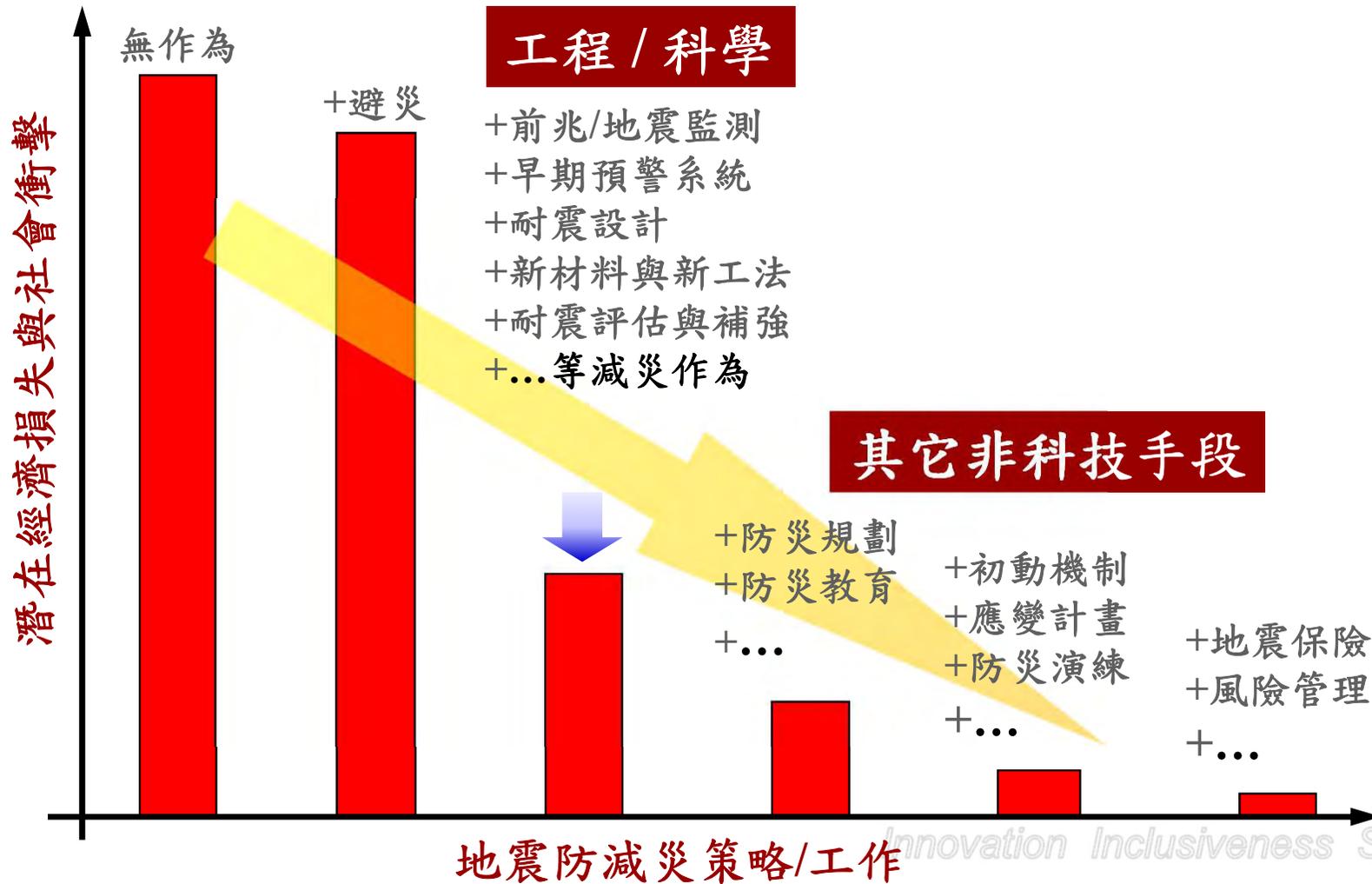
台灣附近的地體構造

- 位於歐亞板塊和菲律賓海板塊交界處；其中菲律賓海板塊在琉球海溝處隱沒至歐亞板塊下方，但歐亞板塊在馬尼拉海溝處隱沒至菲律賓海板塊下方
- 因兩板塊互相牽制，台灣北部多為正斷層，中南部多為逆斷層，東南部則多為平移兼逆衝斷層，研判台灣內陸發生 $M_w \geq 8.0$ 地震的機率相對較小
- 海溝方向與海岸垂直，當斷層破裂時，上盤滑移方向與海岸約略平行
- 東部海岸地形陡峭，不利形成海嘯



台灣地震防災科技現況

地震防災科技與風險管理策略



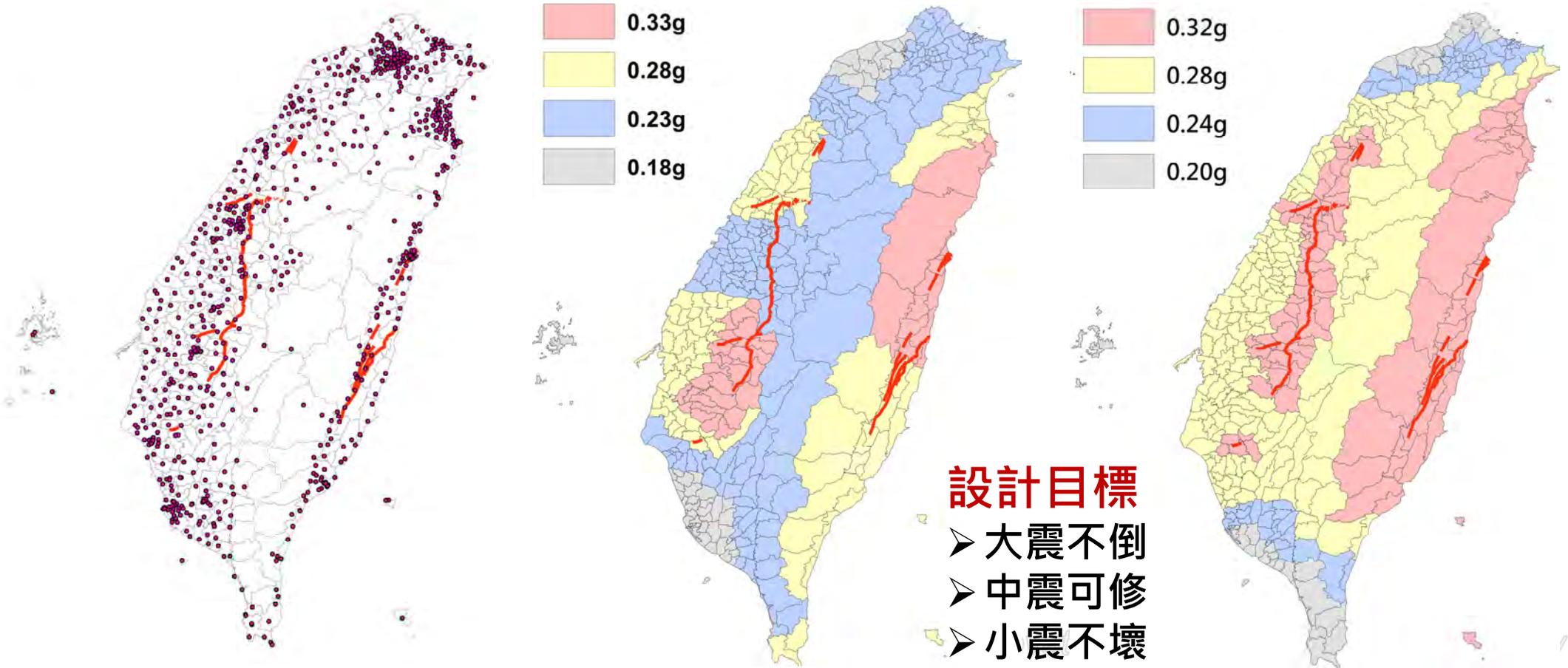
NCREE

建築耐震設計規範之震區劃分(回歸期475年)

全台地震儀監測網

921地震前

921地震後



設計目標

- 大震不倒
- 中震可修
- 小震不壞

校舍耐震評估與補強

國震中心自2009年起協助教育部推動「公立高中職以下老舊校舍耐震能力評估與補強計畫」，至111年10月計畫結束，累計補強6,647棟校舍，並確保全台校舍耐震安全無虞，保障師生生命安全

校舍現地測試



2024/1/17

從日本能登半島地震看臺灣地震風險與防災科技現況

校舍耐震補強之有效性

以0206美濃地震為例



2011年完成補強工程
(翼牆補強)

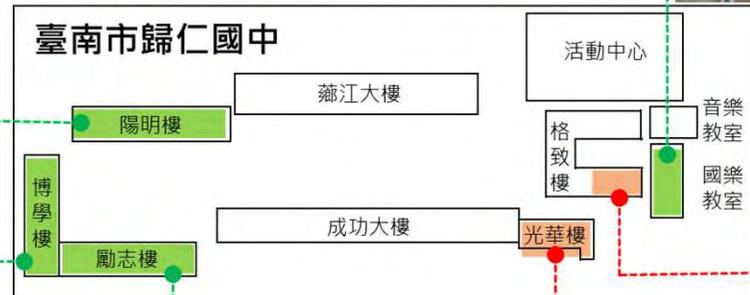


2014年完成補強工程
(擴柱補強)



2011年完成補強工程
(翼牆補強)

勘災結果：無破壞



牆面剪力破壞，兩棟沿伸縮縫破壞

等待補強中



等待補強中
一樓柱發生剪力破壞(一根嚴重破壞，其餘均為裂縫)



勘災結果：無破壞



勘災結果：無破壞

國道橋梁耐震評估與補強

依交通部2009年委託國震中心完成之「公路橋梁耐震評估及補強準則」執行

	範圍	評估數量	補強數量	說明
第一期	國1、國2	490 座	412 座 (NT. 130億)	國1於2009、國2於2011年完工
第二期	國3北段	190 座	180 座 (NT. 80億)	2016年完工
第三期	國3中南段、國4、5、6、8、10	769 座 (NT. 338億)	依評估結果決定	預計2025年完成評估與補強



鋼筋混凝土止震塊施工

柱頭擴柱混凝土澆置



牛門橋現地橋梁實驗

NCREE

Inclusiveness Sustainability

結構耐震補強有效性驗證

2016/2/6 高雄美濃地震

歸仁區公所 已補強距震央25 km



無結構損壞

山上區公所 未補強距震央20 km



結構性損壞

2010/3/4 高雄甲仙地震



無結構損壞



玉井工商
已補強距震央31 km



玉井國中
未補強距震央30 km



結構性損壞



多處柱產生結構性損壞
影響結構整體耐震能力

Sustainability

私有建築之耐震評估與階段性弱層補強

完成階段性補強技術手冊，提供技師執行作業，並推動示範案例



住商混合建築易有弱層產生，地震時容易發生崩塌



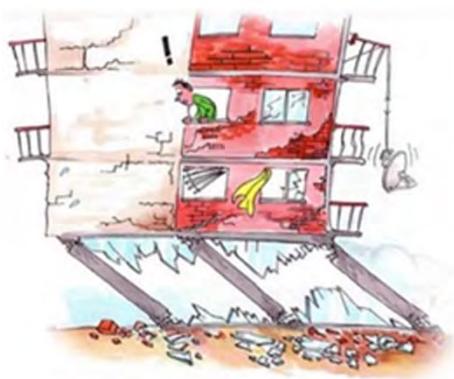
台南市

補強前

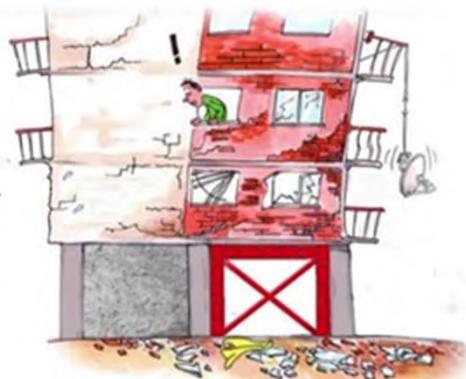


花蓮市

補強前



補強前



補強後



補強後

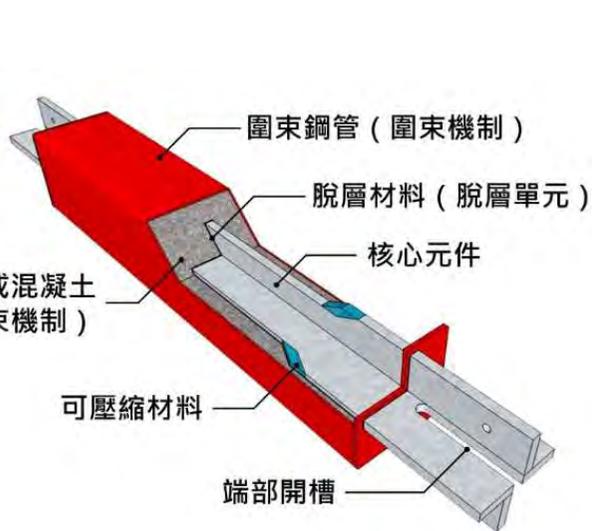


SBRB

補強中

建築制震—挫屈束制支撐

- 兼具高接合穩定性、高消能容量、易施工性等特點，能有效提升結構物抗震能力，已在國內外共一百二十餘棟建築中應用



NCREE

2024/1/17

從日本能登半島地震看臺灣地震風險與防災科技現況

多功能滾動式隔震系統

- 具備良好消能機制及自復位能力，已實際應用於災害應變中心、資訊/網路/電信/半導體廠房等，保護精密設備與藝術品

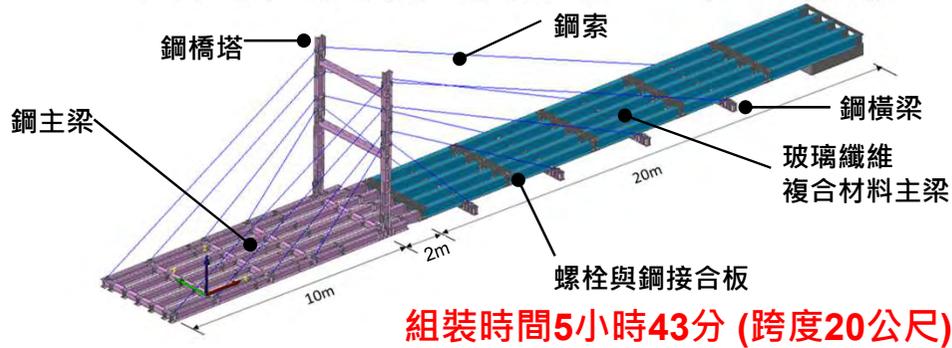
隔震平台振動台試驗



28

緊急救災用複合材料輕便橋

- 災區居民可短時間內自行組裝，單方向搶通孤島交通，提升救災速度。已完成跨度 20 公尺救災用輕便橋，50 公尺輕便橋研發中，可重複使用



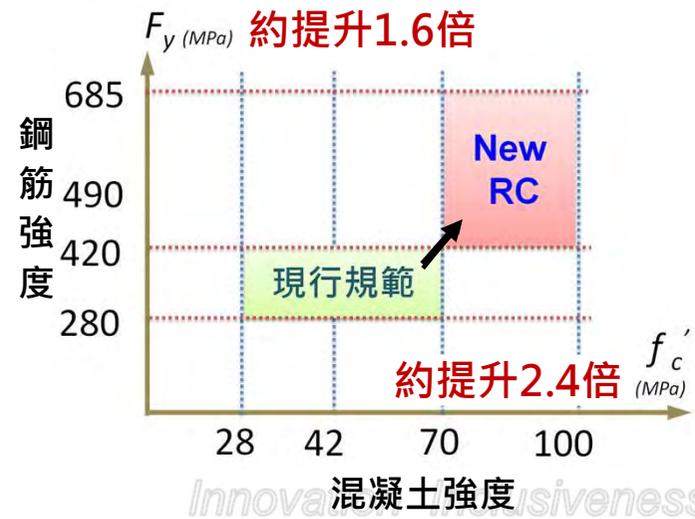
2024/1/17

從日本能登半島地震看臺灣地震風險與防災科技現況

新型高強度鋼筋混凝土

- 節省材料、縮短工期、增加室內使用空間；有效提高傳統都市住宅建築高度和居住環境品質

日本最高59樓

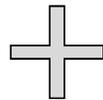


地震早期預警及速報系統建置

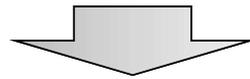


中央氣象署
(近300座地震
即時測站)

區域型地震速報

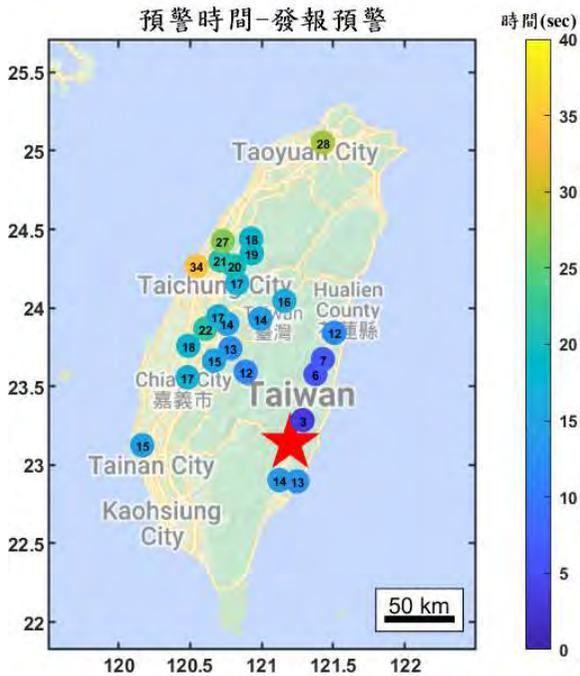


現地型地震速報



複合式
地震速報平台

國震中心



2022/09/18 14:44 M_L 6.8 台東池上地震

2024/1/17

從日本能登半島地震看臺灣地震風險與防災科技現況

科技廠房(6座)、科學園區(南科、中科)

多元警報應用方式



電子看板 電梯控制



管線連動控制



機台連動控制



警報字幕機



警報燈光



警報簡訊



警報廣播

住辦大樓(12棟)、展覽館(2座)、消防局(21站)



學校(3471所)



自動警報廣播



E-mail 簡訊



EEW電子看板

台灣高鐵



地震預警系統 地震儀



台灣地震風險評估

影響地震風險的因素

■ 震源活動特性(seismicity)

- 個別震源引致之地震規模大/小、距離遠/近、破裂面深/淺、年發生率、不同地震規模的機率分布...

■ 地震災害潛勢(hazards)

- 斷層破裂、地震動、土壤液化、山崩...

■ 風險暴露(exposure)

- 人口(老幼/弱勢)、建築、橋梁、交通與民生系統之數量與分布

■ 結構易損性(fragility)、社會脆弱度(vulnerability)

- 結構型式、建造/設計年分、受震反應行為、破壞模式
- 結構/管線的耐震能力、社區/家庭的耐災能力

擬訂風險管理策略的三步驟(須滾動修正)

■ 風險識別：來源與種類

- 何時(when)、何地(when)、災害類型(what)與發生原因(why)

■ 風險評估：模型與指標

- 發生率/損害機率(occurrence rate/damage probability)
- 嚴重性(severity)：數量/分布/持續時間

■ 風險管理：策略與手段

- 策略(who/how)：避災/減災/應變、分散/自留/移轉
- 政府：避災/減災/應變；企業與個人：**+**分散/自留/移轉
 - 政府與企業為降低單次災害引致的損失風險，可採取分散策略
 - 企業與個人須衡量自身承受風險的能力，決定風險自留或移轉

TELES—台灣地震損失評估系統

■ 何謂「地震損失評估」？

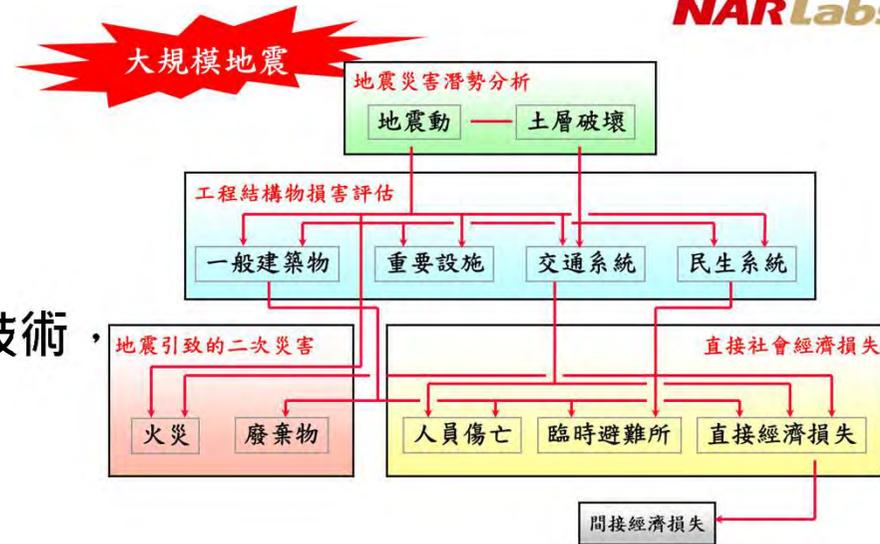
- 設定**想定地震**的震源參數和斷層幾何，透過**境況模擬技術**，推估可能引致的**災害種類、數量**和**分布**

■ 「地震損失評估」可得到什麼資訊？

- 地震動強度、土壤液化機率...等**地震引致的災害潛勢**
- 建築、橋梁、水/電/瓦斯系統...等**工程結構物的損害程度**與**營業中斷時間**，對交通和民生的**衝擊和影響範圍**
- 人命**傷亡**、**經濟損失**、**消防/搜救/醫療/避難**...等**資源需求**

■ 「地震損失評估」有哪些應用？

- **平時**：協助政府和公民營企業，研擬**防災規劃**和**風險管理策略**；**產險業**之**巨災風險評估**與**再保險策略**
- **震後**：透過**地震早期損失評估**，震後即時提供**可能的重災區**，協助災情回報前之**資源整備**與**調派**，**避免孤島**



Tgbs (general building stocks)
一般建築物地震損失評估



Thighway (highway systems)
公路系統地震損失評估



Trailway (railway systems)
鐵路系統地震損失評估



Twater (potable water systems)
自來水系統地震損失評估



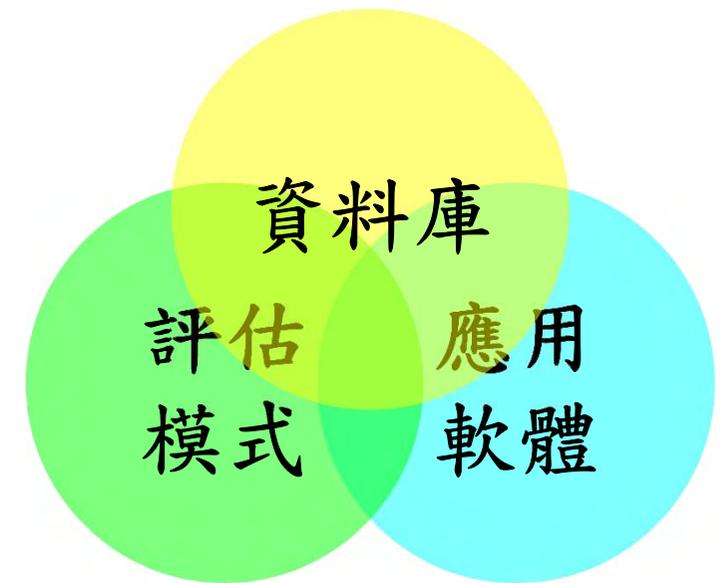
Tesle (early seismic loss estimation)
地震早期損失評估



TREIF-ERA (earthquake risk assessment)
台灣住宅地震保險風險評估

「地震損失評估」之三要素

- 收集建置完善的**資料庫**，並**定期更新**
 - **震源分布與活動特性**：斷層地表跡線、破裂機制、特徵地震規模、近期年發生率...
 - **地震災害潛勢資料**：地盤種類、土壤液化敏感類別...
 - **風險暴露資料**：建築、橋梁、交通與民生系統...等空間分布、耐震屬性與相互關聯性
- 研發合理的**震損評估模式**
 - 考慮各項影響因素、輸入與輸出的**因果關係**(右側流程)
 - 評估結果須包含**人命傷亡(death)**、**經濟損失(dollar)**、**中斷時間(downtime)**...等**量化數據**
 - 提供**有用資訊**而非**大量數據**
- 運用**地理資訊系統(GIS)**和外部網路資源，開發**整合應用軟體**



- 震源分布與活動性
- 地震災害潛勢分析
- 結構物損害評估
- 二次災害評估
- 人命傷亡、經濟損失與社會衝擊評估

建築物地震損失評估(Tgbs)之資料整理

房屋稅籍資料(戶)

財政部財政資訊中心、縣市維護：座落地址、構造類別(RC/鋼構/SRC/加強磚造/磚造/木造)、建造年分、用途細類、樓地板面積(住宅/營業/非營非住)、樓層位置、總樓層數

門牌定位資料(門牌)

內政部資料服務司、縣市維護：各獨立門牌之地理座標

2D建物框(建物高度)

內政部國土測繪中心、縣市維護：3D建物模型之水平投影的外框；可協助辨識高樓層建築之底層為商用、具獨立門牌的耐震屬性

NCREE

建築物耐震屬性(棟號/點位)

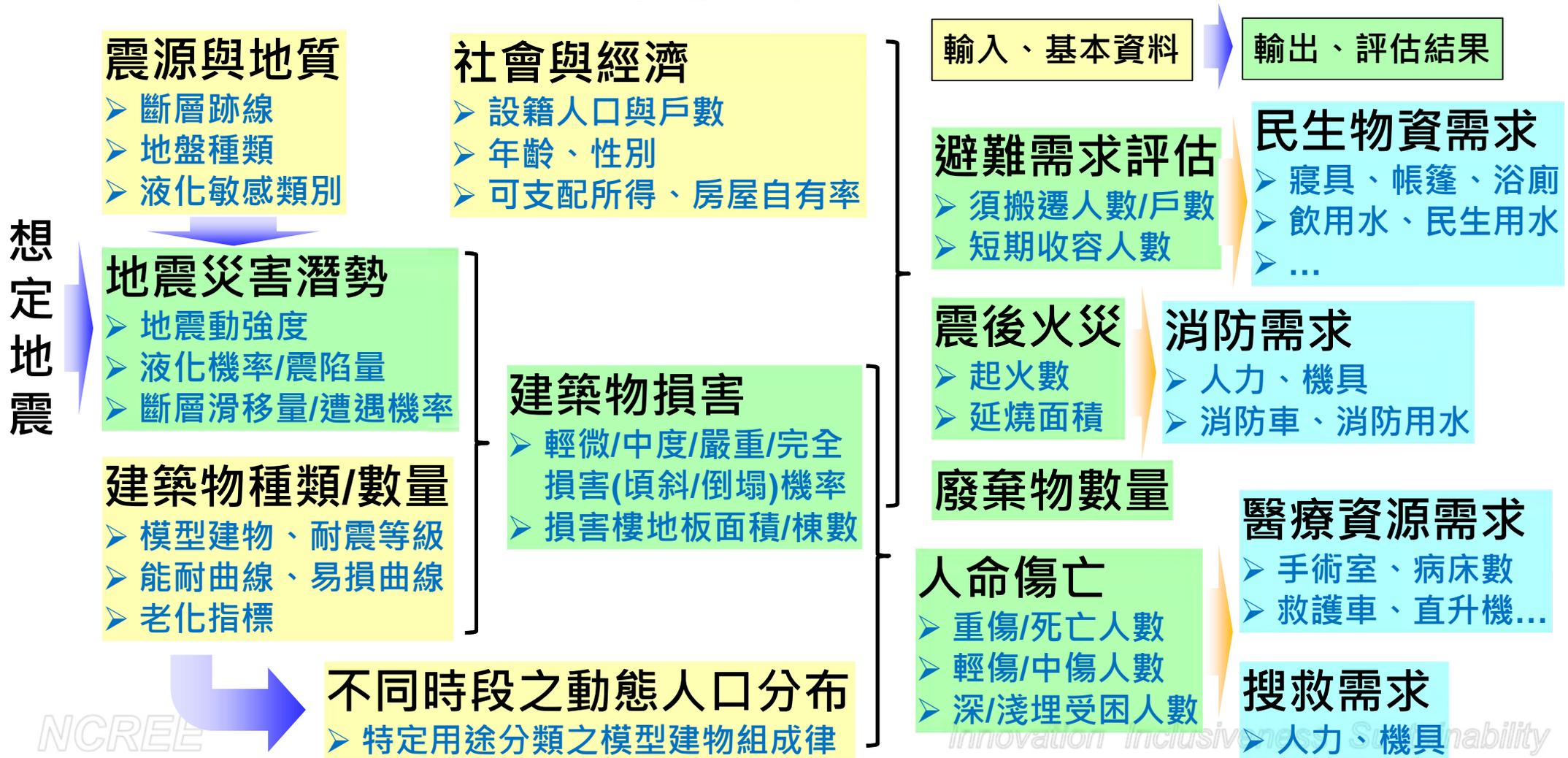
基本資料

- 棟號單元地址、構造類別、建造年分、樓地板面積(住/營/非營非住)、總樓層數

衍生資料

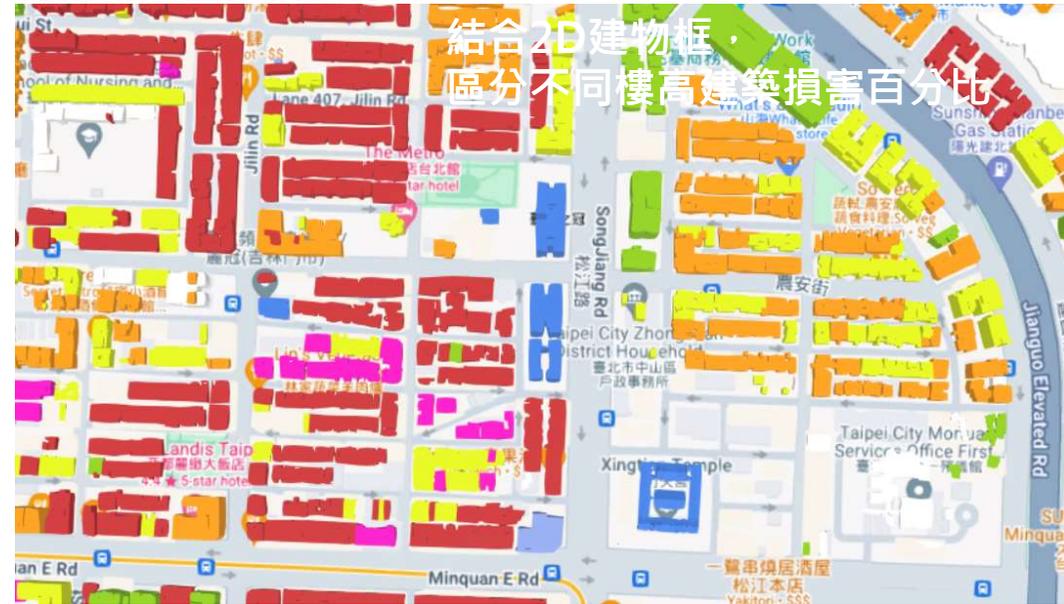
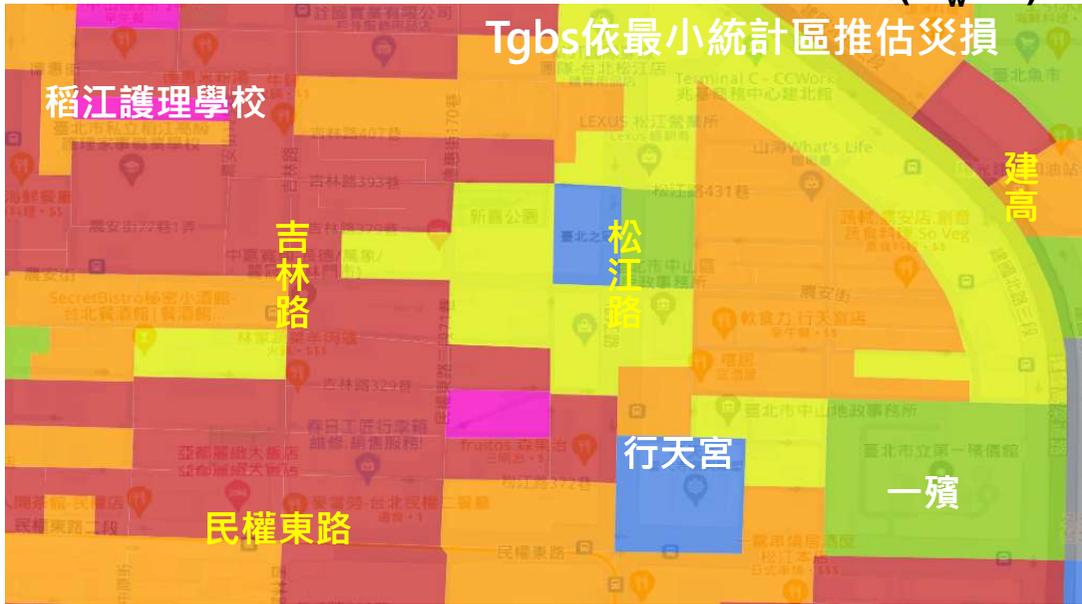
- 構造類別、總樓層數
 - ➔ 模型建物(概分18種)
- 模型建物、建造年分、耐震設計規範之震區劃分、最小設計水平總橫力、地盤種類
 - ➔ 耐震強度+韌性水準=耐震等級
 - ➔ 震損評估所需的能耐曲線、易損曲線參數
- 依最小統計區之建築物數量、特性與不同時段之動態人口分布
- 特定用途分類之(模型建物+建造年代)的組成律

建築物地震損失評估(Tgbs)之輸入、輸出與分析流程



多維度地震防災與應變展示平台

山腳斷層地震(M_w6.6)建築物超越嚴重損害百分比



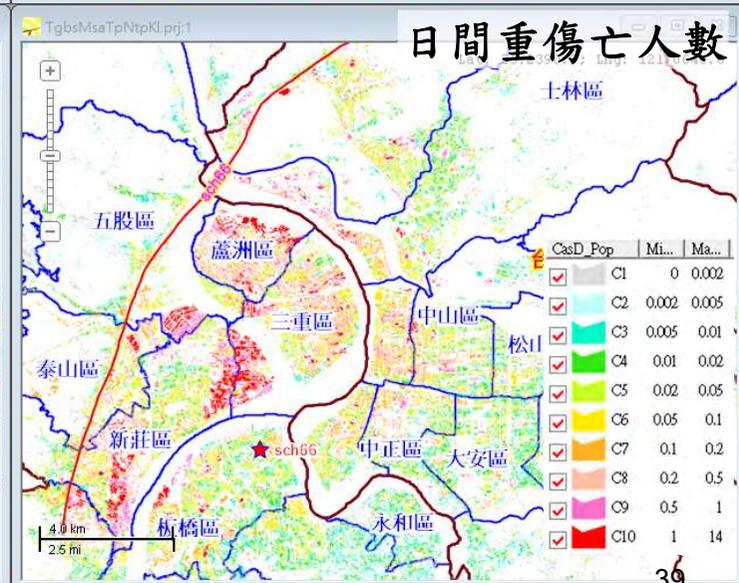
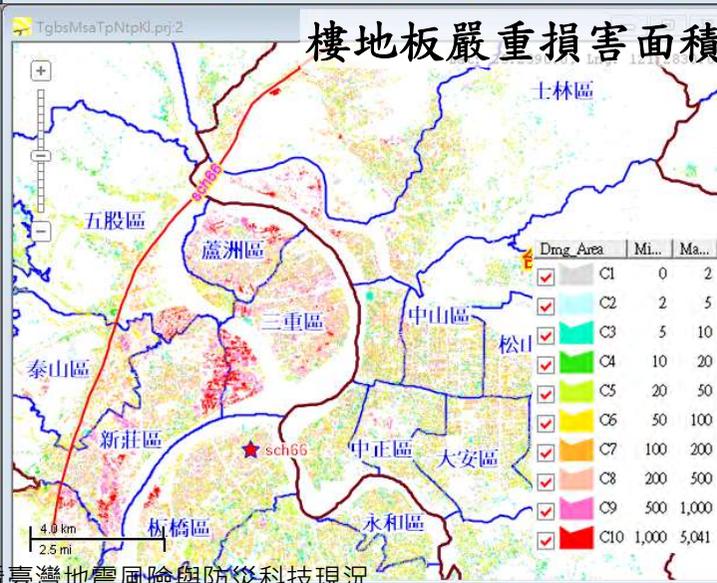
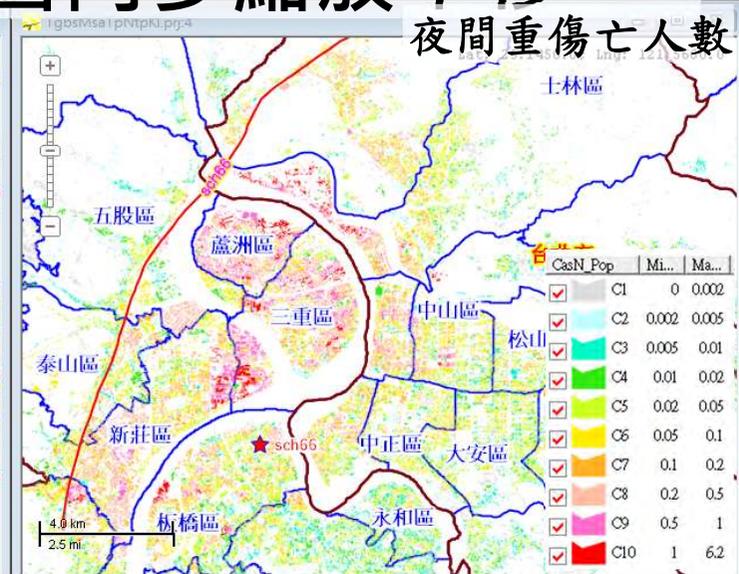
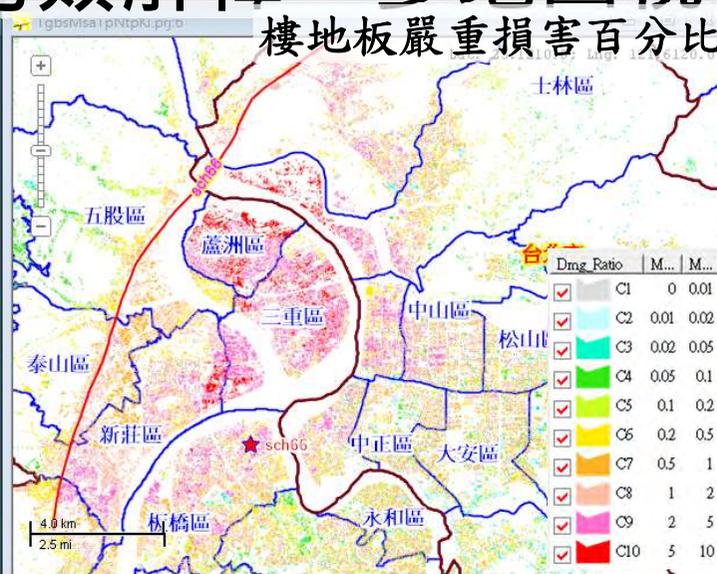
建物超越嚴重損害機率

5.0% ~	5.0%
2.0% ~	2.0%
1.0% ~	1.0%
0.5% ~	0.5%
0.2% ~	0.2%
0.1% ~	0.1%
0.05% ~	0.05%
0.02% ~	0.02%
0.01% ~	0.01%
0% ~	0.01%

單位: %



多維度資訊的另類解釋—多地圖視窗同步縮放平移



2024/1/17

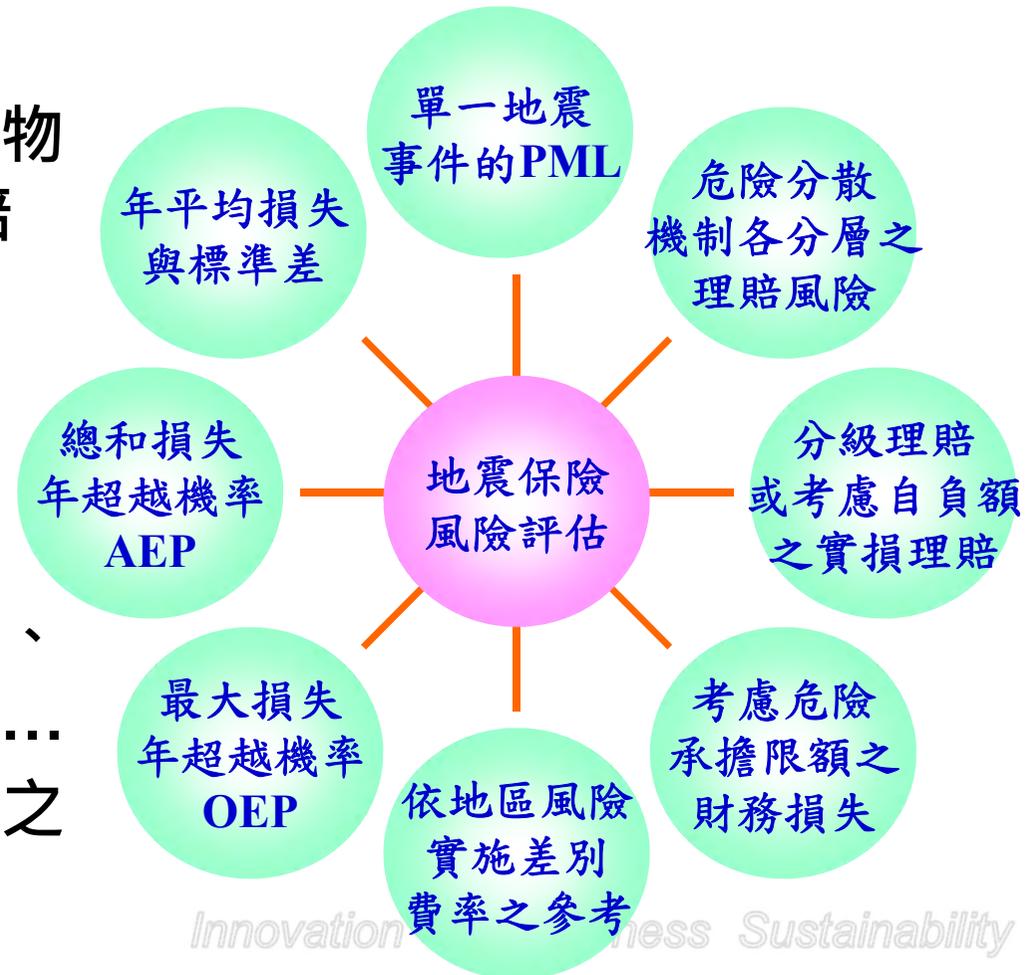
從日本能登半島地震看臺灣地震風險與防災科技現況

以境況模擬為基礎的機率式地震保險風險評估

- **巨災風險**：一次事故(地震、颱洪...)可引致廣域、大量結構損害、經濟損失、人命傷亡等災情；發生頻率低，但後果極嚴重
- **構造性地震**：因斷層破裂所引致的地震
- **震災境況模擬**：綜合考慮地震動、土壤液化...等災害潛勢、建築物耐震特性與數量分布，以及各評估模組的因果關係，較能真實推估災情的嚴重程度和數量分布
- **巨災保險**：長期+廣域風險分散；以機率模型考慮震源活動和地震引致損失的不確定性
- 藉由**蒙地卡羅數值模擬**，可獲得危險分散機制各層合理的年平均損失(AAL)、損失標準差(STD)、一次事件可能最大損失(PML)、損失年超越機率曲線(OEP、AEP)...

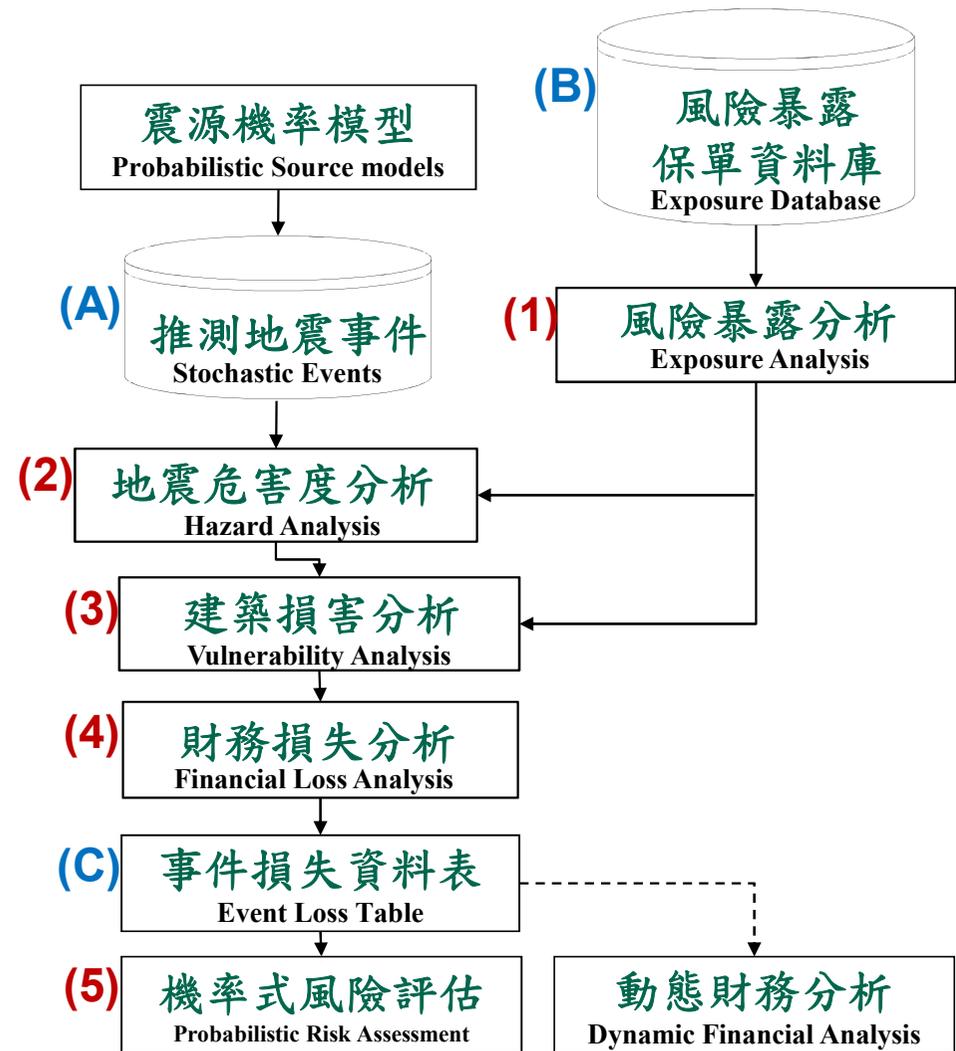
住宅地震保險風險評估(TERA-ins)模型具備的功能

- 合理推估住宅地震基本險之保險損失
- 因應未來需求，承保範圍可包含建築物(結構/非結構/固定裝修)、動產；理賠條件可設定分級理賠、實損理賠
- 因保單數量龐大，須以村里分類保單進行震災境況模擬
- 可用於檢討危險分散機制之架構；計算各分層之損失風險，如起賠機率、耗竭機率、年平均損失、損失標準差...
- 必要時，可探討依地區別或耐震等級之差別費率、強制納保...等議題



TERA-ins 分析流程與架構

- **(A) 內建的推測地震事件資料庫**
 - 供**機率式風險評估**使用：依**震源機率模型**，設定個別推測地震事件，並概估其年發生率
 - 供**早期損失評估**使用：依**區域震源分區特性**
- **(B) 風險暴露保單資料庫**
 - 使用者輸入的**原始保單資料**
 - 轉換後**個別保單**和**村里分類保單**
- **(C) 批次震災境況模擬結果**
 - 輸出**事件損失資料表**，供**機率式風險評估**或其它使用
 - 輸出**早期損失模擬資料庫**，供**TESLE**使用
- **概分5個分析模組**
 - (1) 利用**地址定位技術**、轉換原始保單資料...
 - (2) 推估**地震動強度**、**土壤液化**機率與震陷量...
 - (3) 推估**建築物(結構/非結構)**、**動產**之損害與損失
 - (4) 依**理賠條件**推估**保險損失**與**理賠處理費用**
 - (5) 依**危險分散機制**，計算整層與分層之**AAL**、**STD**...



事件損失資料表

- 各欄位意義及考量因素
 - 年發生率：斷層震源的推測事件須代入等值穩態波松隨機程序的年發生率
 - 損失期望值：個別村里分類保單之損失期望值總和
 - 損失標準差：依個別村里分類保單的平均損失比，概估其變異係數；綜合考量保單組合的損失多樣性，推估事件損失的標準差
 - 損失上限值：依推估之損失期望值和損失標準差擬訂之，且不大於保險責任額
- 不同保單組合或改變保險理賠條件，須重新計算事件損失資料表
- 可用於計算各項風險指標，擬訂保險費率，或進行動態財務分析

推測地震事件
離散/獨立之

震源機率模型
考慮時變性

結果
震災境況模擬

與損失分布
保單種類/數量

影響範圍內的保險
損失和損失標準差

地震事件	震源參數	年發生率	損失期望值	損失標準差	損失上限值
1	$M_1, (E_1, N_1), d_1, l_1, \theta_1$	ν_1	L_1	σ_1	U_1
2	$M_2, (E_2, N_2), d_2, l_2, \theta_2$	ν_2	L_2	σ_2	U_2
...
k	$M_k, (E_k, N_k), d_k, l_k, \theta_k$	ν_k	L_k	σ_k	U_k
...
N	$M_N, (E_N, N_N), d_N, l_N, \theta_N$	ν_N	L_N	σ_N	U_1

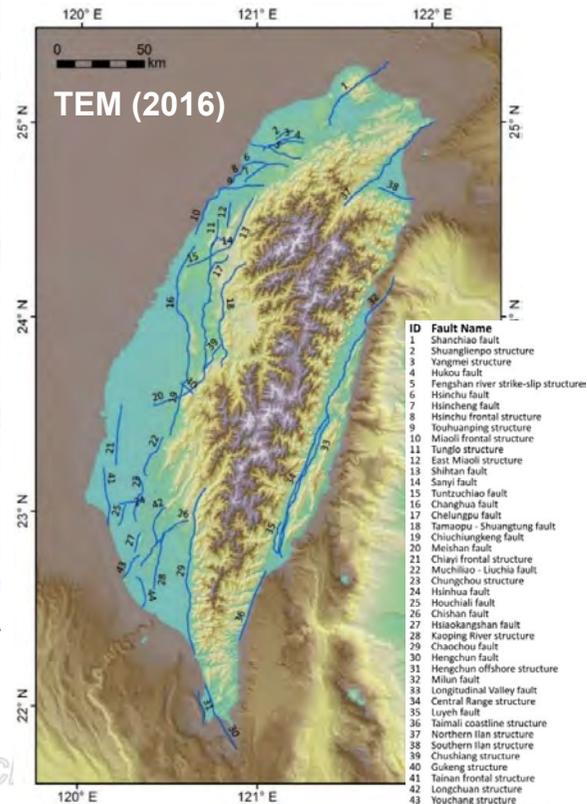
註： M_i, E_i, N_i, d_i, l_i 和 θ_i 分別指地震規模、震央經度、緯度、震源深度、斷層開裂長度和走向等

TERA-ins之特色與精進(相較於TREIF-ERA)

- 移轉至**Open-GIS**平台，提升運算效率，可連結國土測繪中心圖資
- 更新震源機率模型與推測地震事件的年發生率
 - 更新活動斷層分布與活動特性參數、區域震源劃分...
 - 採用震矩規模，檢討個別斷層之特徵地震規模、時變性地震年發生率...
- 提供**地址定位**功能，提升個別保單的定位精度
- 採用新式地震動預估式，更新廣域場址效應修正係數
- 更新建築物損害及保險損失評估模式
 - 增加模型建物之超高樓建築分類
 - 參考歷年建築耐震設計規範與工程實務，設定個別保單之耐震等級和損害評估參數(能耐曲線與易損曲線參數)
 - 根據近期災害性地震的保險理賠數據，修訂損害與損失對應關係
- 保險範圍增加非結構和動產，分別設定保險金額和理賠條件
- 更新早期損失評估採用之推測地震事件清單，提升評估結果的合理性

住宅地震基本險之風險評估結果觀察

- 921地震(車籠埔斷層破裂，引致 M_w 7.6地震)所引致的保險損失約對應回歸期50年的保險損失
- 921地震至今已超過24年；換言之，未來30年內可能在其它地區發生大規模地震，並引致相似規模的保險損失
- 台灣各區域可能引致保險損失風險較高的斷層
 - 北部地區：山腳斷層、湖口斷層
 - 中部地區：大甲-彰化斷層、嘉義前緣構造(地礦中心未公布的斷層)
 - 南部地區：後甲里斷層、中洲構造
 - 東部地區：縱谷斷層、北宜蘭構造



NCREE

Innovation Inc.

未來幾年值得關注的斷層風險

震源分區	總損失	年平均保險損失
A	1,240.916	208.126
B	2,357.037	453.553
C	4,162.094	767.415
D	478.801	111.208
E	271.985	65.275
m	364.738	45.774
n	258.841	32.916
s	557.322	127.217
t	137.661	21.654
u	12.736	1.302
v	102.824	23.134
w	167.935	33.531
x	29.067	4.083
y	9.887	1.054
z	179.447	27.640

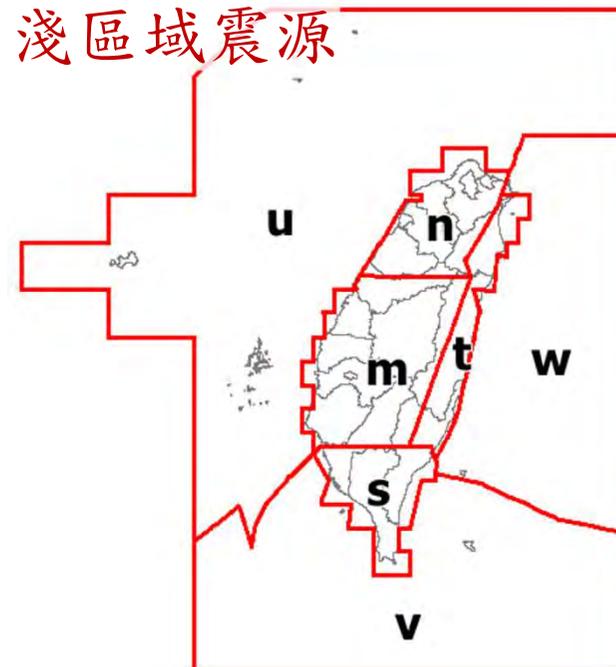
3
2
1
5
6
7
4

斷層與區域震源分區代碼

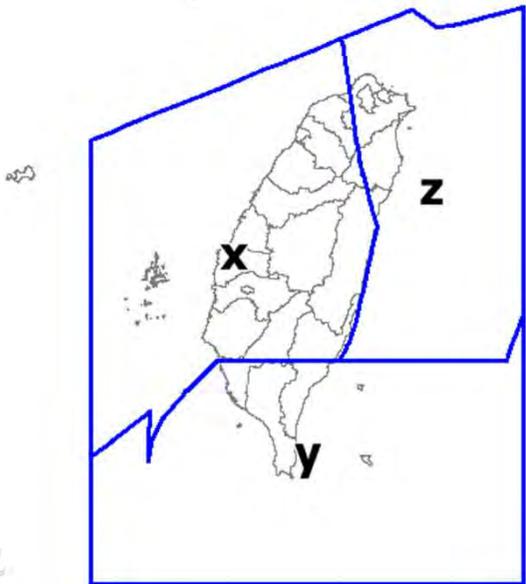
A北部斷層；B中部斷層

C南部斷層；D東部斷層；E外海斷層

淺區域震源



深區域震源



結語

■ 2024年日本能登半島地震vs.1999年台灣921地震

- 地震規模均約 M_w 7.6，均為逆斷層破裂機制
- 因風險暴露的數量與分布差異，傷亡、損害與損失數量明顯不同
- 應留意緊鄰斷層破裂面上盤之部分測站(富來、輪島)的最大地表加速度遠高於地震動預估式(GMPE)的預估值

■ 與日本地震災害特性比較

- 同樣位於板塊交界處，地震頻繁
- 常見的地震災害潛勢包含斷層破裂、強烈地震動、土壤液化、山崩...
- 台灣陸域發生 M_w 8.0以上地震的機率較小
- 東部海岸地形陡峭，隱沒帶與海岸垂直，海嘯發生機率和嚴重性較小
- 台灣建築較少木造，震後火災案例較少，威脅較小

謝謝聆聽 敬請指教