



花蓮地震的省思 — 工程災害防治與防災策略之探討

張荻薇／行政院公共工程委員會 委員、中華民國結構工程技師公會全國聯合會 前理事長

2024年4月3日規模7.2的花蓮地震，造成台灣東部花蓮地區的重大災情，特別是台8線中橫公路、台9線蘇花公路，因落石坍方、路基受損而交通中斷，數百人受困其間，救援極為艱難，是此次地震傷亡最嚴重的地方。地震過後餘震不斷，20天後0423再發生兩次規模6以上的餘震，讓已經受傷的大樓發生更嚴重的塌陷傾斜等災情。此次地震也重創了台灣最壯麗的天然美景，以及居民賴以為生的觀光產業。天災的發生對於人民的身家安全及產業經濟發展，都將造成極大的傷害與影響。台灣近期因不斷的遭受地震的威脅，再度喚醒了民眾的災害意識。大家已深刻體會到唯有全民防災，才能在巨災中存活下來，災害意識的覺醒，是我們推動地震防災的最佳契機。基於震災調查對於災後重建或防災技術之提升，是極為重要的工作，以下謹就個人參與國內外地震勘災的心得與經驗，對於工程震害的成因與防治、精進工程防災的對策，以及地震防災的新思維與防災策略等，提出一些看法和建議，冀望對國內地震防災的工作有所助益。

台灣的天災風險與工程災害

台灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊邊界，地震活動相當頻繁；又因位居颱風正衝，也深受颱風豪雨等天然災害的威脅。天然災害使得人類的未來充滿著不確定性。依世界銀行 World Bank (2005)「Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis」報告^[1]指出，台灣有73.1%的面積與人口面臨颱風、洪水、地震及山崩等天然災害的威脅，是世界上天災風險最高的地方，而這些天災正是工程建設的殺手；依2015～2025 Lloyd's City Risk Index 台北城市風險指數排名全球第一^[2]。台灣所受的天然災害之中，地震是最令居住在這塊土地的人民驚恐與憂心的，但地震又是台灣必須與它共存的天災。從1906年梅山地震迄今百餘年之間，平均不到10年就有1次社會矚目的災害性地震發生。最近幾年從2016年的美濃地震（ $M=6.6$ ）、2018年花蓮地震（ $M=6.0$ ）、2022年池上地震（ $M=6.8$ ），到此次2024年0403的花蓮地震（ $M=7.2$ ）止，8年之間就有4次社會矚目的災害性地震發生，造成了橋梁崩塌、山崩落石、道路坍陷、大樓

傾倒、房屋受損與人員傷亡等災情（圖1）。此次地震所造成的災害中，最值得關注的是台8線中橫公路，它在1999年集集大地震時，因落石坍方、路基受損，使得中橫西段（德基－谷關段）交通中斷，之後陸續又有2001年桃芝颱風、2004年敏督利颱風的來襲，使得受災區土石崩落、坍方不斷，迄今仍然未能回復正常通行；此次地震，中橫東段（太魯閣、天祥一帶）也因落石坍方、路基受損而交通中斷，使得受困人員救援艱難，成為地震傷亡最嚴重的地方（圖2）。

從地震勘災的經驗中可以發現，多種自然災害若是接連發生，將會相互影響而產生連鎖性、複合型的重大災害。此種不同自然災害的交互效應，已成為災害的主因（圖3）^[3]。此外，目前耐震設計仍無法充分納入考量的「地震伴隨現象」如：超越設計考量之地震、大規模地表錯動或邊坡滑動或巨石崩落等災害，因威力已超出所有的防禦設施及防災對策的極限，而嚴重影響到人民及設施的安全。因此，東日本大地震發生後的隔年2012年，日本的「道路橋耐震設計編」^[4]及「鐵道構造物耐震設計」



[5]，都已列入「耐震設計未考慮現象之考量」的規定。結構物耐震設計在追求大地震時之災害最小化，就必須提升結構物之耐震餘裕度及危機耐性，才能減少「超乎預期地震」所引致之災害風險。因此，增強工程設施的抗震韌性、提高危機耐性，以減小地震伴隨現象之災害風險 [6]，是今後工程建設必須面對的重大課題（圖 4）。

工程災害的基本成因及其對社會經濟的影響

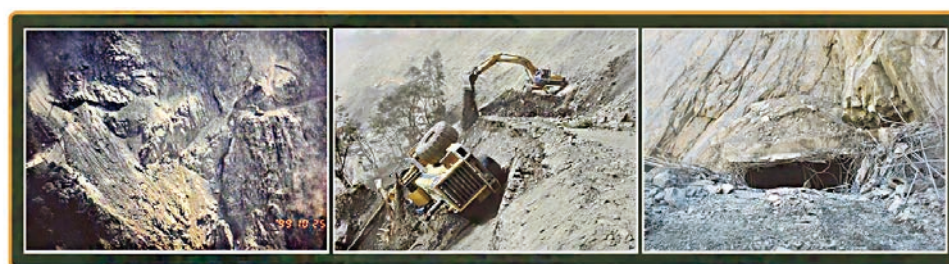
所謂「天災難料」，地震災害的風險具有高度不確定性。依 2011 年東日本大地震專門調查會的報告 [7]，百年來日本三大地震之死亡原因：1923 年關東大震災（死亡 10.5

萬人）87.1% 為火災燒死；1995 年阪神大地震（死亡 6,400 人）83.3% 死於建築物倒塌壓死；2011 年 311 東日本大地震（死亡 2 萬人）92.4% 海嘯溺死，三大震災的主要死亡原因都不相同。因為地震的受災風險，和地震規模、發生時間、地質類別、地振動特性及硬體構造的防禦能力等有關，也與所處的自然環境、社會條件等關係密切。因此每次地震災害的嚴重程度與傷亡原因皆不相同，災難也常常超乎意外。

此外，日本雖具有先進的防災科技與完備的防災對策，但 2011 年 3.11 大地震（M9.0），仍然招致史無前例的大災難 [8-12]，地震過後迄今已屆 13 年，重建工程仍在進行。依據日本復興廳（專為東日本大震災災後重建的中央省廳）的統計，目前仍有 2 萬 9 千人過著避難生活，



圖 1 2016~2024 年 8 年之間發生 4 次災害性地震



(a) 1999 年集集地震



(b) 2024 年花蓮地震（中央社）

圖 2 台 8 線中橫公路的地震災害

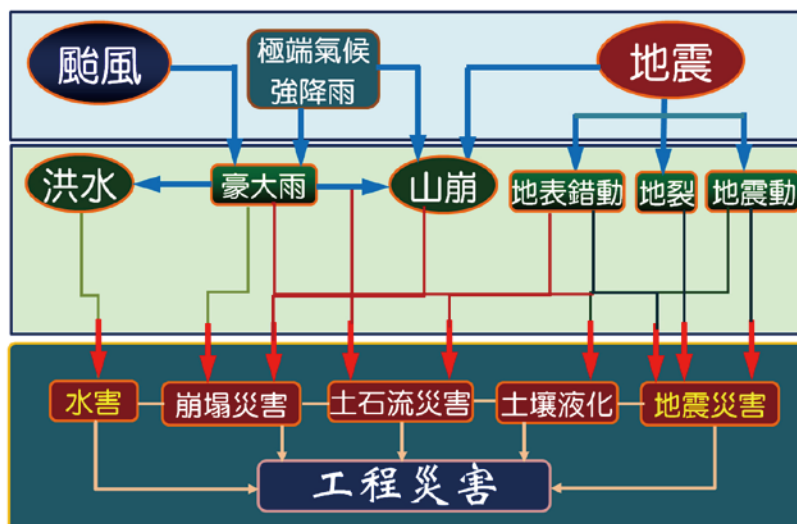


圖 3 天災的交互效應—工程災害風險激增

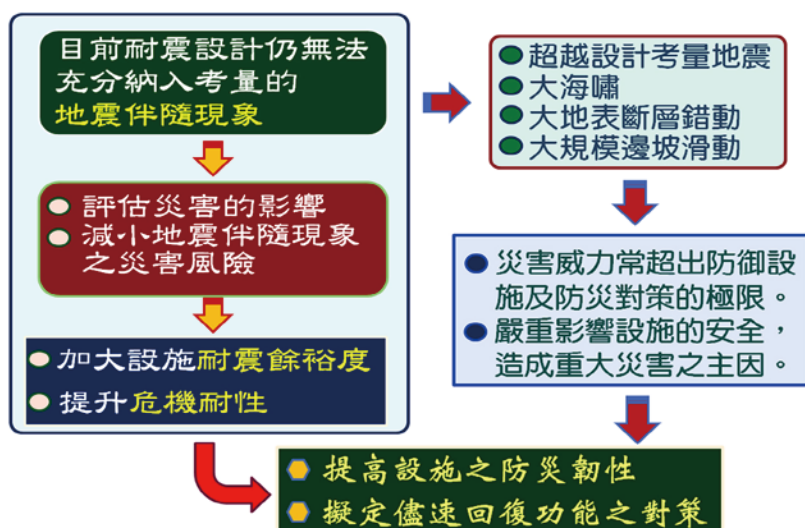


圖 4 耐震設計未考慮之地震伴隨現象之考量

避難期間往生的「震災關聯死」人數，達到 3 千 8 百人。從這裡我們可以理解，一次大地震的發生，不僅會造成地震當時人命傷亡、交通中斷及財物的損失，並會造成人民生活機能失調、自然環境的破壞、文化資產的創傷，以及產業鏈供需失衡等災難，它對社會經濟的影響是持續且長遠的。地震已經讓許多已開發國家，遭受大災難與經濟損失，防災也成為一個國家最重要的社會議題（圖 5）^[13]。

工程震害之影響要因與震害現象

大地震中橋梁及建築物的地震災害，最受社會大眾的矚目與關注。因為橋梁平時肩負著交通運輸任務，災時是救災、復原的要道；建築物則是居家或工作之所在，防震能力的良否，關係著救災的難易與人員的傷

亡。本節將對橋梁及建築物地震災害之影響要因與災害現象，以及防災、減災的看法，提出來供大家參考。

橋梁震害的影響要因與震害現象

橋梁常見的震害型態與受災原因，依地震動特性、橋址環境及橋梁構造等因素，而有顯著之差異。歸納震害的影響要因與震害現象如圖 6。

三十年來大家熟知的災害性地震：1994 年美國北嶺地震、1995 年日本阪神地震、1999 年台灣集集地震、2011 年東日本大地震、2016 年日本熊本地震及 2022 年台灣池上地震等。有關橋梁震害現象分析比較如下：1994 年美國北嶺地震：橋柱挫屈破壞崩塌，防落長度不足落橋，橋台鄰跨效應落橋，斜橋動力效應落橋；1995

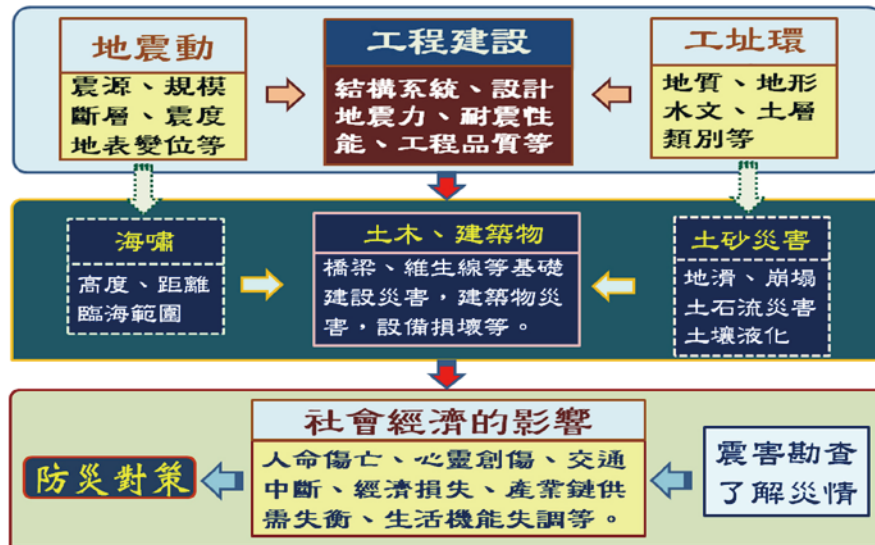


圖 5 工程災害的成因及社會經濟的影響

A 橋梁震害之影響要因			
地震特性	橋址環境	橋梁構造	
地震規模、震源位置、地盤類別、地表振動程度、斷層活動關聯性等。	場址效應、地質條件、土壤液化潛能、地形條件、河川水文條件等。	橋型、結構系統、跨度、設計地震力、耐震性能、耐震構造細節、施工品質	

B 橋梁之震害現象			
1994美國北嶺地震	1995日本阪神地震	1999台灣集集地震	2011東日本大震災
斷層地裂帶經過之跨河橋/地層錯動崩塌或橋柱損毀/裸露的基礎受損。	市區高架橋崩塌或落橋/橋柱主筋截斷處的破壞崩塌/基礎無明顯損傷。	橋柱挫屈破壞崩塌/防落長度不足落橋/橋台鄰跨效應落橋/斜橋動力效應落橋	海嘯浮力及強大衝擊力，致橋梁損毀流失/柱挫屈或剪力破壞/HDR支承的破壞

圖 6 橋梁震害之影響要因與震害現象

年日本阪神地震：市區高架橋崩塌或落橋，橋柱主筋截斷處的破壞崩塌，基礎無明顯損傷；1999 年台灣集集地震：震害橋梁為斷層地裂帶經過之跨河橋，地層錯動崩塌或橋柱損毀，裸露的基礎受損；2011 年東日本大震災：橋梁因海嘯浮力及強大衝擊的損毀流失，柱挫屈或剪力破壞，HDR 支承的破壞，曾作耐震補強橋梁無明顯損傷^[14-19]。2022 年的花東池上地震：橋柱混凝土澆築續接界面之處理不良或位置不當，形成結構弱點而橋柱產生斷裂、崩塌^[20]。

從橋梁的震害現象中可以發現，橋梁的下部結構（橋柱、橋墩、橋台）是最容易受到地震災害的部位，我們若能在重要的耐震構造細節下工夫，將可避免很多

大災害的產生。重點如下^[20]：

1. 橋柱續接位置與混凝土澆築界面，常成為結構上的弱點，必須特加注意、謹慎施工。
2. 橋柱箍筋之配設與重疊搭接，應考量箍筋的抗剪作用與圍束功能。
3. 橋墩防撞鋼板應全環繞方式施作，避免引致應力集中的負面作用。
4. 橋台的組成包含：基礎、台身、支承座、翼牆與背牆等。其設計應有整體的組成機能，不宜切割。
5. 連結上下部結構之「支承＋移動間隙＋止震塊＋防落長度」等，為抵抗地震力的四道防線，應妥善運用其消能、減震的功能，發揮防止落橋的效用。

建築物震害之影響要因與震害現象

建築物震害的受災原因，依地震動特性、工址環境及結構系統等因素，而有顯著之差異。歸納震害的影響要因與震害現象如圖 7。其中，最讓人印象深刻的震害型態，說明如下：

1. 具軟弱層建築物的崩塌災害：地震災害的樣態及嚴重的程度常常令人料想不到，但我們仍可發現地震災害的主要破壞模式及其成因，皆有一定的脈絡可循。建築物常見的震害型態中，pilotis 柱構造形式的震害最令人矚目。pilotis 柱之構造（pilotis 為法語，意謂一樓為獨立「高腳」柱），它與鄰柱無牆壁或斜撐作有效的連結，形成開放大空間。在地震中柱產生大位移時，因柱強度不足（或已震損），無法支撐上部樓層之重量而崩塌^[21-23]。

筆者參與國內外地震勘災的經驗中，所見到的重大震害，幾乎都有建築物因軟弱層產生嚴重崩塌的案例，其中又以 pilotis 柱構造的震害案例最多，此次 0403 花蓮地震，崩塌的天王星大樓也是屬於 pilotis 柱構造的軟弱底層建築。一樓為 pilotis 柱構造的軟弱底層，地震時底層柱被壓垮崩塌，造成重大傷亡為最常見的震害。

2. 建築物主要的震害型態^[24]：包括有：大樓崩塌橫倒在地面（圖 8）／底層柱壓潰傾斜（圖 9）／三明治式的堆疊崩塌／底層柱剪力破壞或壓潰／大樓塌陷、

傾斜／中間軟弱層崩塌／短柱效應之剪力破壞／其他柱梁構材損壞／土壤液化建物傾斜沉陷／地表破裂帶的震害／海嘯災害／地震火災等。探討建築物地震災害的型態，才能對症下藥，是防治震害最直接有效的方法。

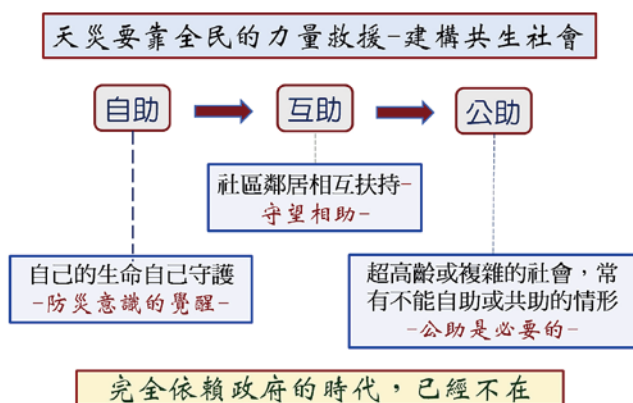
災害意識的覺醒與防災新思維

災害意識的覺醒，是推動防災的最佳動力

台灣近期因不斷的遭受地震的威脅，再度喚醒了大眾的災害意識，尤其近期盛傳嘉南的梅山斷層及北部的山腳斷層，可能引發大地震的風險增高，更讓社會激起了強烈的災害意識。大家已經領悟到，大地震來襲時災區通訊與交通中斷，地震發生初期無法與外界聯繫，在巨災中要有存活的机会，就必需建構共生的社會。活命之道是：要先有自助的觀念，平時作好防災準備，備妥緊急避難用品，其次是鄰居間要互相幫助、互通有無，然後才期待社會或公部門的協助，亦即先要「自助」、再而「互助」、後求「公助」的防災觀念（圖 10）^[23,25]。以日本為例，政府呼籲民眾平時要準備 7 天份的避難維生物品（圖 11）。此外，台灣近期接二連三的發生地震，造成的重大災情，也已經讓民眾了解居家安全的重要，而最直接的作法就是建構強韌的耐震結構物。大眾已深刻體會到唯有全民防災，建構安全的居家環境，才有安心、永續的家園。這種災害意識的覺醒，是推動地震防災的最佳契機。



圖 7 建築物震害之影響要因與震害現象

圖 8 建築物震害樣態－整棟大樓崩塌橫倒地地面^[24]圖 9 建築物震害樣態－1樓柱壓潰塌陷、傾斜^[24]圖 10 防災意識覺醒是全民防災的動力^[25]圖 11 防災意識的覺醒－避難維生備品 7 天份^[25]

預防勝於治療，記取地震災害的教訓

台灣是個天然災害一定會發生的地方，全台灣沒有一處是無天災的安全地區，即使明天發生大地震的可能性也不能說是零。地震已經讓許多國家遭受重大災難與經濟損失，地震防災已成為一個國家最重要的社會議題。俗話說「一盎司的預防藥，勝過一磅的治療藥」，我們雖然可以應用科學與工學的方法，來建設硬體的耐震構造，但因自然力的威力無窮，而人類的能力有限。所以更重要的是要記取地震災害的教訓，防範未然，來減緩地震的災難。一個防災的城鄉是以「保住人命及經濟損失最小化」的防災思維，不再全賴防禦設施，而重視以「避災、離災」為基本之防災教育，以及防災地圖之整備。此外，土地利用與建築管理應考慮天然災害的風險，採行軟體與硬體雙層面的對策^[26-28]，才能建構安全的環境，過著安心的生活。

掌握災害風險，預作防災準備

身處天災不斷的台灣，為了降低災害風險，首先必需充分掌握人（家族成員、工作伙伴）與環境（居家、工作場所）的災害風險，事先做好檢查與評估，並預作防災準備。

1. 人員的檢查：家庭或工作成員的組成狀況，需要照顧的人（如高齡者、身心障礙者、孕婦、幼童等）越多，致災風險將越高，災前準備就要越用心。
2. 環境的檢查：人員經常停留的地方，如居家與工作場所的環境的檢查。不同的地點，將產生不同樣態的致災風險。如都會區－人與建物繁多且複雜、海邊－波

浪與海嘯、山間－山崩落石、河邊－堤防氾濫等，必須依據環境條件的檢查結果，預作防災準備。

3. 防災準備：強化居家房屋及工作場所的耐震能力，是首要的工作。天災要靠全民的力量救援，需建構「自助、互助、公助」共生的社會，「完全依賴政府」的時代已不存在。此外，地震後停水、停電，食物供應困難是常有的事，災後維生線復舊也常需多日，故備妥三天份以上甚至七天的緊急維生物品，也是件重要的事（圖 10、圖 11）^[25]。

精進工程防災的對策^[29]

防災要考慮天災風險的交互效應

「颱風・大雨×地震」將產生水害、土石災害（土壤液化、土石流、地滑、崩塌等災害）與地震災害等，這種連鎖性複合型的災害，已成為到處都可能發生的新世代之災害風險（圖 12）。即洪水災害尚未復元－又發生地震，或是地震災害尚未復建－又來洪水，這種多重天災連續的發生已成為常態^[26]。因此，防災要有新的思維，防災策略也需要配合檢討因應。

增強基礎建設之韌性，可降低致災風險

台灣已邁入高齡化社會、人口過度集中，使得天災的風險增高；既有的維生線與基礎建設之耐災能力，也未能符合日趨惡化的天災環境之需要；在斷層近域有重要設施，人口相當密集，產業活動也很頻繁。因此，攸關人民居家安全之建築物及維生系統（道路橋梁、水電）等基礎建設，應加強其耐震能力，增強工程的抗災韌性。

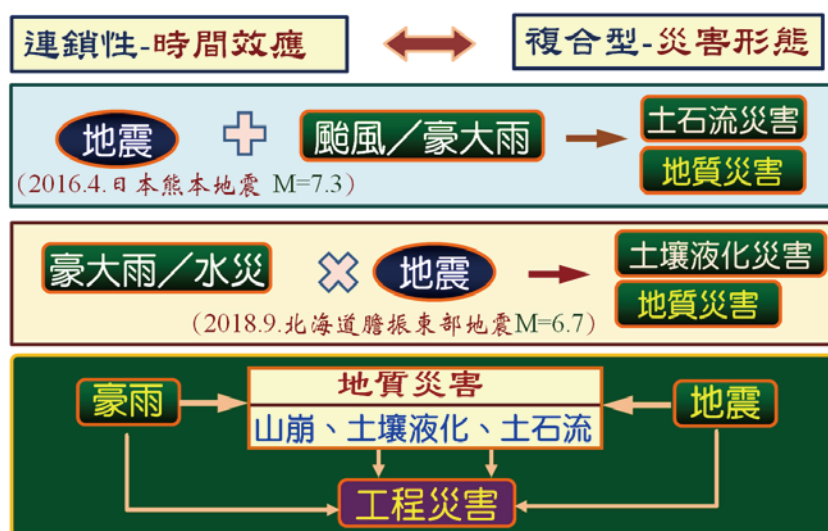


圖 12 天災的交互效應－連鎖性複合型災害



交通系統的防災對策

安全、便捷的交通系統，是人員交流及物資運輸不可或缺的維生線。此次 0403 花蓮地震，造成來往台灣東西部最重要道路 - 台 8 線中橫公路與台 9 線蘇花公路，因落石坍方、路基受損而交通中斷。居民維生的交通要道，應迅速重建或修復補強，儘早恢復交通的順暢，這是對創傷的災區人民最大的幫助。將來的交通系統的防災對策，提出一些看法供參考^[30]。

1. 基本思維：應建構「多重性」、「替代性」的交通體系，以及「複數」、「複合式」的交通設施，並且防災路網應與避難場所相結合等。
2. 實施策略：不在危險環境新建道路、橋梁，危險地區的道路、橋梁，設法遷建或替代，並建立路、橋全生命週期之監測預警系統，以及豪雨時之避難警戒等設施。

橋梁之災害防治應為首要

橋梁的興建，經費龐大且費時。若因震害導致交通中斷，將會造成民生危急與救災困難，對於人民的身家安全及產業經濟發展，都會造成極大的傷害與影響。因此，橋梁應具有強韌的耐震性能（圖 13），並應視為災害防治之首要設施。橋梁防災對策的重點，摘要如下^[31]：

1. 要慎選橋址，要有機能分散、風險分散的防災觀念。
2. 詳實地震調查：如地震危害度、斷層活動、土壤液化等調查。
3. 強化耐震設計：採用優異的結構系統、良好的韌性設計，設置有效的防落措施以及隔震、消能技術之

應用。

4. 近斷層橋梁要有特殊之考量：如災害教訓的汲取、近斷層效應之考慮、修復容易橋型以及替代道路規劃等。
5. 土石流高潛勢溪流之橋梁：需對橋址環境的土石流災害史，作詳實的調查，以作為橋址選定、橋墩形狀、橋梁方向、橋梁跨度與長度，以及淨高之設定等之參考依據。
6. 監測與管理：災害監測預警系統之應用，以及風險管理與防災避難演練等。

具軟弱層建築物應優先耐震補強

1995 年阪神大地震（ $M = 7.3$ ）主要傷亡是建築物倒塌壓死，倒塌原因是軟弱層崩潰所引起。尤其一樓為 pilotis 柱構造形式的軟弱底層，地震時底層柱被壓垮崩塌，造成重大傷亡。pilotis 柱之構造因與鄰柱無牆壁或斜撐作有效的連結，柱強度常因不足以支撐上部樓層之重量而崩塌。阪神大地震過後，此類型建築物經加強辦理耐震補強，後來的地震就較少發生此種震害。

國內從 1999 年集集地震起，經美濃地震（2016）、花蓮地震（2018）到目前 2024 年 0403 花蓮地震為止，幾乎都有軟弱層崩塌的嚴重震害。pilotis 獨立柱之構造形式，底層成為抵抗地震橫力之最弱層，最容易造成重大地震災害，傷亡人數也是最多。因此建議：具軟弱層建築物應優先辦理耐震補強，尤其是一樓為 pilotis 柱軟弱底層之高層建築，必須儘速提升它的耐震能力^[24]。

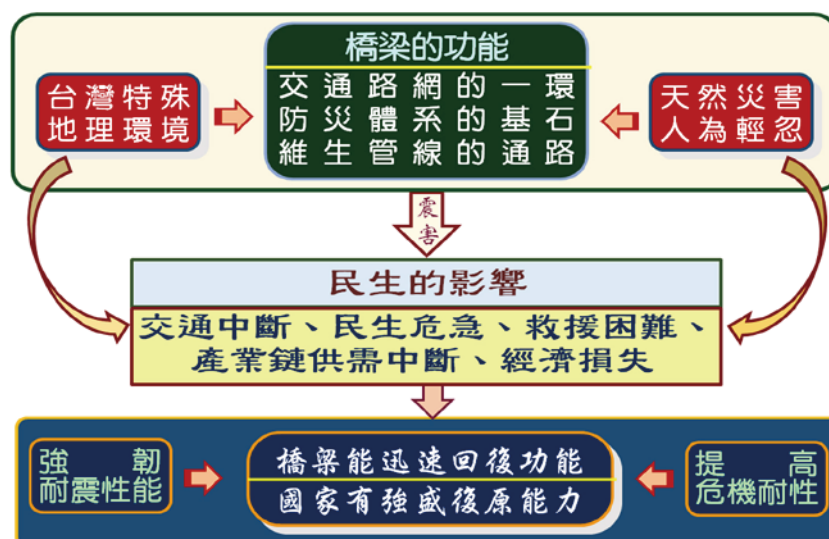


圖 13 橋梁應具有強韌的耐震性能

耐震補強是地震防災的重要工作

依據日本 1995 年的阪神地震崩塌建築物調查，1981 年以前所完成之建築物佔 97%，1981 年「新耐震基準」施行以後建造者僅有 3%，顯示新耐震基準是可以信賴的。故日本於 1995 年 12 月施行「耐震改修促進法」，對未能滿足「新耐震基準」之建築物，被要求耐震診斷及耐震改修。日本國土交通省的推估：建築物耐震化率（滿足 1981 年之「新耐震基準」基準）每提高 10%，在規模 7、震度 6 級地震下，東京都的建物倒塌數及死亡人數，都可減少六成以上^[23]。因此，對耐震能力不足的建築物進行耐震補強，是防減輕地震災害的重要措施。我國的建築物耐震規範，於 1997 年大修後，對耐震有較周延的規定，1999 年「集集地震」後震區作了部分調整改變，2005 年增加考慮近斷層效應。因此，耐震能力評估及補強的對象，以 1999 年（民國 88 年）以前完工之建築物，若為近斷層則宜以 2005 年（民國 94 年）以前完工者較為合宜。提高建築物的耐震化率是國土強韌化的基石，耐震補強則是確保居住安全的根本工作^[24,29]。

土砂災害防治對策

台灣的山區道路常因地震、颱風、豪雨，導致落石坍方而阻斷交通。此次地震中，台 8 線中橫公路與台 9 線蘇花公路，就是因此而交通中斷。土砂災害成為山區道路、設施或住家，最常見的天災。土砂災害關係著居民的生命財產與住家安全，以及維生道路的通行性，是我們必須面對的天然災害。以下提出日本對土砂災害防治的一般原則，或許可以供作我們的參考^[32]。

1. 基本思維：(1) 不製造新的危險場所，(2) 搬離危險區域，(3) 降雨時之避難警戒。
2. 因應對策：(1) 抑制危險區域內工程建設，(2) 推動危險區域之住戶搬遷，(3) 建立並實行避難警戒體制，(4) 危險區域之劃定及公布，(5) 提高居民防災意識、舉辦防災演練。

加強地震預警系統之研發與防災應用

臺灣與日本是目前全球惟二對公眾發布地震速報的國家，2011 年東日本大震災發生時，日本東北新幹線因有足夠的預警時間減速，而使高速行駛的列車全部安全。地震早期預警系統，對人員的逃生避難，生產線設備、自動化系統的停機或緊急處置，有很大的幫助。國

科會與教育部合作，在校園建置地震預警系統，已有良好的成果。建議擴大地震預警系統的防災應用，將有助於降低醫療、警政、產業供應鏈等設施之地震災害^[29]。

結語

2016 年和 2018 年兩次的 02.06 地震、2022 年和 2024 台灣東部花蓮地震，8 年之間發生 4 次的致災性地震，確實喚醒了社會大眾的災害意識，也讓大家再度檢視地震防災上不足之處。隨著經濟的快速成長，人員交流及物資運輸愈趨頻繁，民眾對道路、橋梁等交通生命線之依賴更甚已往。2022 年花東地震（ $M = 6.8$ ）造成高寮大橋、崙天大橋等多座鐵路橋梁產生崩塌或嚴重損壞的災情，交通因而中斷；此次 2024 年 0403 地震（ $M = 7.2$ ）也導致台 8 線中橫公路、台 9 線蘇花公路，因落石坍方或路基受損而交通中斷，增加救援的艱難，也成為人命傷亡的主因。我們未來面對的是連鎖性複合型天然災害，災害的樣態及嚴重的程度皆難預料。身處全球天災風險最高的台灣，工程建設所面臨「地震 + 氣候變遷（豪雨）」的交互影響，承受極大的「連鎖性、複合型」災害風險。因此，如何增強的建築物與橋梁等工程設施之抗震韌性、提高基礎建設之危機耐性，以減小地震伴隨現象之災害風險，是我們今後必須面對的重大課題。

由於地震災害成因相當複雜，我們惟有從歷次地震災害的教訓中，累積各種試行錯誤的經驗，從中領悟學習，來建立正確的防災思維，採取有效的防災策略，以期減除下次震災的損失。提高基礎建設的耐震能力是國土強韌化的基石，而耐震補強則是提升耐震化的根本工作。我們要建立以「保住人命、經濟損失最小化」為防災新思維；我們要以「小震不壞、中震可修、大震不倒」為防災的基本目標；更要「災後基礎建設維持功能」、「產業供應鏈正常運作」、「國家有快速且強盛的復原能力」作為防災的戰略目標，也就是以「國土強韌化」作為防災的最高目標（圖 14）^[26-28,33]。

參考文獻

1. Disaster Risk Management Series No. 5, Natural Disaster Hotspots A Global Risk Analysis, The International Bank for Reconstruction and Development /The World Bank and Columbia University, 2005.
2. 2015 ~ 2025 Lloyd's City Risk Index.
3. 張荻薇，橋梁之震害調查及災後重建與強化，921 地震二十週年省思與減災對策研討會，2019 年 9 月 24 日。

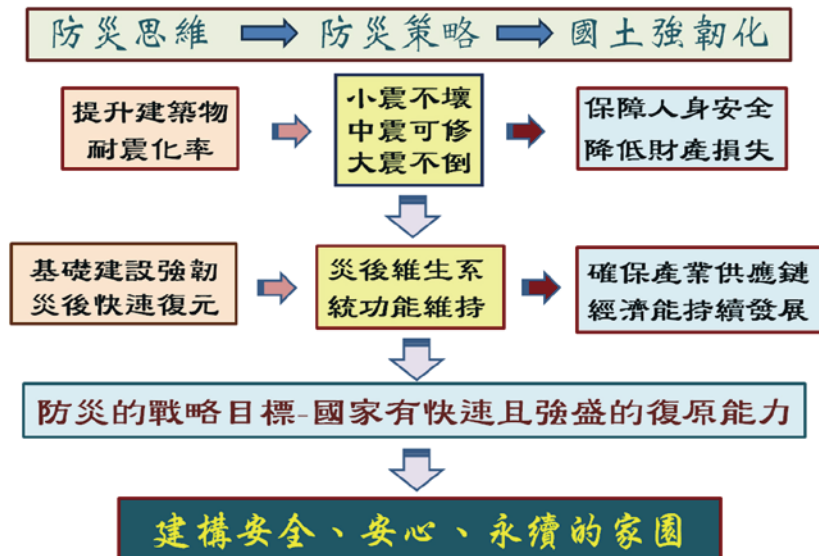


圖 14 地震防災科技發展之策略目標

4. 日本道路協會，「道路橋示方書—耐震設計編」，2012 年。
5. 日本鐵道總合技術研究所，「鐵道構造物等設計標準・同解説 耐震設計」，2012 年。
6. 張荻薇、曾榮川、黃炳勳、蘇彥彰，「橋梁防災之新觀念—東日本 311 大地震之回顧與反省」，中華技術，第 111 期，財團法人中華顧問工程司/台灣世曦工程顧問股份有限公司，2016 年 07 月。
7. 日本土木學會，「土木學會東日本大震災特別委員會總調查團調查速報會報告」，2011.04.08。
8. 日本土木學會地震工學委員會，「土木學會東日本大震災被害調查團（地震工學委員會）緊急地震被害報告會報告」，2011.04.11。
9. Kazuhiko Kawashima, "Damage of Bridges Resulted from March 11, 2011 East-Japan Earthquake", Department of Civil Engineering Tokyo Institute of Technology, April 15, 2011
10. 日本土木學會，「土木學會東日本大震災被害調查團緊急地震被害調查報告書」，2011.05.09。
11. 國土交通省國土技術政策總合研究所，獨立行政法人 土木研究所，「2011 年東北地方太平洋沖地震土木施設災害調查速報」，2011.07。
12. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「2011 年東日本大震災勘災報告」，2012 年 .09 月。
13. 世界銀行，「大規模災害から学ぶ」東日本大震災からの 教訓，2012 年。
14. 張荻薇、方文志、陳國隆，「1994 年 1 月 17 日美國洛杉磯北嶺地震訪查報告書—橋梁震害探討」，國家地震工程研究中心，NCREE-94-001，1994.03。
15. 張荻薇，「日本阪神震災後橋梁之復舊及耐震補強」，由阪神地震探討國內橋梁耐震工程之發展方向研討會，台灣營建研究院，1996.09。
16. 中華顧問工程司，921 集集大地震專輯，1999 年 12 月。
17. 張荻薇、張國鎮、宋裕祺、蔡孟豪，「集集地震橋梁損害模式之分析探討」，結構工程第十四卷第三期，民國 88 年 9 月。
18. 張荻薇、曾榮川、王泓文、蘇彥彰，「2011 年東日本大震災勘災報告」，中華技術，第 91 期，財團法人中華顧問工程司/台灣世曦工程顧問股份有限公司，2011 年 .07 月。
19. Kazuhiko Kawashima, "Damage of Bridges Due to the 2011 Great East Japan Earthquake", Proc. of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan, P.82-101.
20. 張荻薇、張國鎮、宋裕祺、柯鎮洋、黃炳勳、蔡益成、陳明谷、林正偉、張永勳，918 花東地震橋梁震害調查及其成因分析，土木水利 Vol. 49, No. 5, October 2022。
21. 日經 BP 社，「阪神地震の教訓」，1995 年 3 月
22. 日經 BP 社，「検証熊本地震—なぜ倒壊したのか？プロ視点で被害を分析」，2016 年 7 月。
23. 日經 BP 社，「覆る建築の常識」，東日本大震災教訓，都市・建築編，2011 年 6 月。
24. 張荻薇，從震災的教訓中探討震害的樣態 依據致災的風險決定補強的順序，土木水利 Vol. 45, No. 1, February 2018。
25. 張荻薇，天災環境下一防災意識的覺醒與防災新思維，土木水利 Vol. 44, No. 2, April 2017。
26. 張荻薇，從天災的教訓中學習—防災的思維與策略，台北市結構技師公會大會演講，2019 年 6 月 22 日。
27. 日本總理府，「国土強韌化基本計畫」，2014.06.03。
28. 張荻薇，「天災難料 唯有從巨災中學習—防災思維與防災戰略」，日本熊本地震勘災考察說明會，國家地震工程研究中心，2017.03.02。
29. 張荻薇「從勘災經驗談—工程災害及防災策略」，第 27 屆近代工程技術討論會 METS 2018 (Session 2 科技交流)，中國工程師學會，2018.10.22。
30. 張荻薇，從八八水災的工程災害談台灣橋梁的天然災害與災害防治，2009 年結構與地震工程研討會，2009 年 12 月 19 日。
31. 張荻薇，氣候變遷下台灣路、橋的天然災害及其因應對策，99 年國科會自然處永續學門防災科技研究計畫成果研討會，2011.2.18。
32. 大久保駿，日本之土砂災害對策，台日工程技術研討會，中國工程師學會 2009 年。
33. 張荻薇，未來台灣地震工程發展與展望（主題 1- 建築結構），第 42 屆全國力學會議—地震工程論壇，2018.11.23。