

土壤液化之地質調查與工程改善對策說明書

目 錄

序	iii
編者的話	v
第一章 緒言	1
第二章 發生土壤液化之原因與機制	5
2.1 土壤液化發生之原因	5
2.2 土壤液化發生之機制	6
2.3 土壤液化觀念釐清及討論	7
第三章 土壤液化之災損型態與案例	17
3.1 土壤液化之災損型態	17
3.2 1999 年集集地震	20
3.3 2010 年桃源地震	24
3.4 2016 年美濃地震	28
3.5 2018 年花蓮地震	32
3.6 2010~2011 年坎特伯雷地震序列	34
3.7 2011 年東日本大地震	39
3.8 2018 年北海道地震	44
3.9 2018 年印尼蘇拉威西島地震	47
第四章 土壤液化之地質調查與評估	57
4.1 土壤液化地質調查	57
4.2 土壤液化評估方式	66
第五章 新建構造物之土壤液化因應對策及工法	89
5.1 基礎地層土壤改良	92
5.2 基礎構造對策	102

5.3 綜合建議	116
第六章 既設構造物之土壤液化防治對策及工法	121
6.1 既設構造物土壤液化對策工法	122
6.2 藥液灌漿全面固結工法	127
6.3 格子狀地盤改良工法	131
6.4 控制地下水位工法	135
6.5 公共設施和住宅用地整體型液化對策	138
第七章 土壤液化受損基礎修復與成效回顧	147
7.1 土壤液化受損基礎修復對策與工法	147
7.2 921 地震受損建物修復成果調查與回顧	154
7.3 修復工法成效探討	166
第八章 土壤液化專業諮詢管道	169
8.1 土壤液化相關之法令規定	169
8.2 國內土壤液化主管機關與政策發展	170
8.3 國內土壤液化資訊平台與專業諮詢	171
第九章 結語	175
附錄 土壤液化案例其他資料	179
A.1 1999 年集集地震液化災害資料	181
A.2 2010 年桃源地震液化災害資料	194
A.3 2016 年美濃地震液化災害資料	198
A.4 2018 年花蓮地震液化災害資料	207
A.5 2010~2011 年坎特伯雷地震序列液化災害資料	212
A.6 2011 年東日本大地震液化災害資料	215
A.7 2018 年北海道地震液化災害資料	224
A.8 2018 年印尼蘇拉威西島地震液化災害資料	224

序

民國 88 年 921 集集大地震，臺灣中部員林鎮、大村鄉、社頭鄉、南投市、霧峰鄉等地發生嚴重土壤液化，當年行政院國家科學委員會委託臺灣省及臺北市大地工程技師公會（即本公會前身）於災區設置土壤液化諮詢服務站，提供土壤液化受災戶有關建物基礎修復補強之諮詢。翌年，公會前輩們亦將相關經驗彙整成《液化區基礎修復補強工法對策說明書》一書，除呈現災害勘查實例，並針對建物之基礎修復補強、扶正及重建之因應對策進行介紹。

民國 105 年 0206 美濃地震，臺南地區亦有多處發生土壤液化，安南區尤為嚴重，再度喚起國人對土壤液化議題之重視，該年內政部即推出「安家固園計畫」，其中一項為土壤液化潛勢區防治改善措施。105 年至 108 年間，經濟部中央地質調查所（現已改組合併為經濟部地質調查與礦業管理中心）分四波公開土壤液化潛勢資訊，惟該資料屬大範圍初級圖資。在「安家固園計畫」執行 2 年期之後，土壤液化相關專案於民國 109 年起交由經濟部中央地質調查所接續執行 5 年期之「土壤液化調查與風險評估計畫」，其結合各直轄市、縣（市）政府共同製作中級精度土壤液化潛勢地圖與致災風險評估，健全建築物的抗土壤液化能力之資訊，以期建立更完整之平原區國土地質資訊並作為都會區防災規劃之基礎參考資料。

去年（民國 112 年）6 月，內政部修正發布《建築物基礎構造設計規範》，其中土壤液化章節亦有重大修正，包括液化評估方法增加本土性雙曲線法及增加液化沉陷評估法、修正液化土質參數折減相關規定並增訂液化耐震設計章節，對於國內建築物基礎之液化防治已有更精進之設計要求。

近年在高雄市、屏東縣、臺中市、花蓮縣、桃園市、雲林縣、新竹縣、苗栗縣、南投縣、嘉義市、嘉義縣、基隆市等十餘縣市之土壤液化調查與風險評估案件執行時，本公會借助眾多大地工程技師之專業，陸續擔任各縣市政府之專案顧問，執行專案督導與協助建立國土地質資料庫，並在技術規範修正與建管法規研議工作中提供專業協助。

集集大地震迄今已近 25 年，不僅設計規範與施工技術有所精進，政府與民眾對工程品質與安全之期待亦益加提升，公會團隊本著前輩們當年編撰《液化區基礎修復補強工法對策說明書》之初衷，與時俱進重新檢視並改寫各章節，納入近年國內外更多相關研究與實際執行經驗；亦特別安排重返當年土壤液化災區調查受損建物修復成果與使用狀況。

展望未來仍有許多與土壤液化相關之地工安全課題與挑戰需要克服，例如都會區建築物、道路及地下管線之致災風險與防災作為、基礎液化防制手段之精進與改善成效追蹤，以及更快更精準之調查與資訊掌握等。

編輯團隊由本書定位到各章節之分工執筆，多次編輯會議討論整合與文稿校對，歷時年餘完成。在此代表公會全體會員，對學術與國際關係委員會楊智堯主委、各章節作者，以及所有參與編輯與調查的工程先進與公會會務人員，謹致以最高敬意與誠摯感謝。

中華民國大地工程技師公會 理事長



2024.9.3

編者的話

時間飛快，轉眼間 921 地震已是 25 年前的歷史了，回想當時在中部地區除了大量結構、建築因地震損壞倒塌以外，同時也發生大規模的土壤液化現象，這也讓國人第一次對於“土壤液化”這個自然現象留下非常深刻的印象。因為是臺灣第一次發生如此大規模的土壤液化災害，所以雖然當時災害驚心動魄，但是大部分人對於土壤液化發生的機制、原因卻是一知半解。所以地震後，除了積極的災後復舊工作以外，政府也於相關設計規範中將土壤液化納入設計考量，並開始補助學術單位針對土壤液化進行相關研究，於是民國 89 年～92 年間產出非常多相關研究成果，同時也奠定了現今臺灣土壤液化防治的基礎。但是因為後來沒有再發生大地震的原因，非常可惜的剛剛燃起的土壤液化防治火苗，慢慢地逐漸被忽略與遺忘。

直到民國 105 年 2 月 6 日南臺灣發生芮氏規模 6.6 的美濃地震，不但造成維冠大樓倒塌，同時也發生多處土壤液化災害，921 地震的噩夢又再次重現國人眼前。這也讓政府相關單位思考除了土壤液化研究之外，必須還要有更多具體的防災作為，才能建構更完整安全的防災環境。因此行政院陸續責成由內政部營建署（現為國土管理署）以及經濟部中央地質調查所（現為地質調查及礦業管理中心）執行「安家固園」以及後續土壤液化調查與防治計畫，同時也將土壤液化納入災害防救法，使土壤液化相關防治作業再次獲得發展與逐漸完整。

歷史會重演，但災害可避免，上述災害雖然帶給臺灣重創與不幸，但是憑藉著國人的堅強與韌性，前車之鑑、後人之師，這些經歷都是寶貴的經驗，能讓整體災害防治能力進一步的成長。而大地工程技師在過去歷次的災害中，不僅不畏艱險地協助相關防救災工作，並進一步展現專業能力協助政府建構更安全的工程環境。自 105 年美濃地震之後，政府陸續辦理相關土壤液化調查與研究計畫，中華民國大地工程技師公會全程參與，從不缺席，期間陸續協助花蓮、臺中、臺南等 15

個縣市推動土壤液化調查與防治專案，有超過 4,500 孔以上的高質地質調查鑽孔是在大地工程技師的監督之下所完成。這些基本地質調查雖然乍看之下微不足道，但卻是建構臺灣安全大地工程的關鍵基礎，大地工程技師總是在不起眼的角落，默默的付出與貢獻。

為了不負這些年來大地工程技師的努力付出，本次藉著回顧 921 地震 25 周年的機會，大地工程技師公會特別邀集曾經參與上述專案的熱心技師與專家擔任編輯委員，包括鄭清江教授、盧志杰博士、徐明志博士、郭寶生技師、曾孝欽技師、周坤賢技師及鄭斯元工程師，彙整相關文獻與經驗，從土壤液化的發生機制、災害、調查、評估、修復與防治等面向逐一進行探討並出版本專輯。雖然土壤液化災害防治在近幾年已有長足進步，但仍有許多課題還是沒有合理的答案，所以希望藉此機會向過去努力付出貢獻的地工地質前輩致意外，更能承先啟後，針對土壤液化的未盡事宜可持續交流研討，獲得更進一步的具體成果。

最後感謝上述本專輯的作者、編輯委員以及所有參與編輯的會務等工作人員，感謝團員們公忙之餘能不辭勞苦犧牲下班休息時間，參加一次又一次的編輯會議，同時也感謝所有編輯委員背後的團隊與公司，能不吝提供資源、素材，協助本專輯順利編製，希望藉由本專輯拋磚引玉，除了提供各界參考，也能利用專業技術交流，讓國內土壤液化等防災議題可以持續獲得重視與發展，中華民國大地工程技師公會也將持續精進專業，協助臺灣朝向國土安全、安居樂活的國家目標邁進。

中華民國大地工程技師公會
學術及國際關係委員會 主任委員

楊智志

2024.8.31