

土木工程防災概論

第二版

國立中央大學土木工程學系 主編

藝軒圖書出版社

土木工程防災概論

第二版

國立中央大學土木工程學系 主編

藝軒圖書出版社

土木工程防災概論／國立中央大學土木工程學系主
編．--第二版． 臺北縣新店市：藝軒，2005[民
94]

面；公分

ISBN 957-616-828-7（平裝）

1.土木工程 2.防災工程

441

94008236

◎本書任何部分之文字或圖片，如未獲得本社書面同意，
不得以任何方式抄襲、節錄及翻印。

新聞局出版事業登記證局版台業字第一六八七號

土木工程防災概論（第二版）

主 編：國立中央大學土木工程學系

發行所：藝軒圖書出版社

發行人：彭 賽 蓮

總公司：台北縣新店市寶高路7巷1號5樓

電話：（02）2918-2288

傳真：（02）2917-2266

網址：www.yihsient.com.tw

E-mail：yihsient@ms17.hinet.net

總經銷：藝軒圖書文具有限公司

台北市羅斯福路三段316巷3號

（台大校門對面，捷運新店線公館站4號出口）

電話：（02）2367-6824

傳真：（02）2365-0346

郵政劃撥：0106292-8

台中門市

台中市北區五常街178號

（健行路445號，宏總加州大樓）

電話：（04）2206-8119

傳真：（04）2206-8120

大夫書局

高雄市三民區十全一路107號（高雄醫學大學正對面）

電話：（07）311-8228

本公司常年法律顧問／魏千峰、邱錦添律師

二〇〇五年十月第二版

ISBN 957-616-828-7

※本書如有缺頁、破損或裝訂錯誤，請寄回本公司更換。

讀者訂購諮詢專線：（02）2367-0122

作者簡介

歐陽嶠暉

國家工學博士

國立中央大學榮譽教授

防災都市計畫、維生系統防災

莊德興

美國密蘇里大學博士

國立中央大學土木工程學系副教
授

地震防災與對策

陳慧慈

美國德州大學奧斯汀校區博士

國立中央大學土木工程學系副教
授

地震防災與對策

張惠文

日本東海大學博士

國立中央大學土木工程學系教授
工址調查

李崇正

國立台灣大學博士

國立中央大學土木工程學系副教
授

地震時之地盤反應與砂土液化及
其對策

吳瑞賢

美國康乃爾大學博士

國立中央大學土木工程學系教授
兼主任
旱災防治

周憲德

美國加州柏克萊分校博士

國立中央大學土木工程學系教授
澇災防治

朱佳仁

美國康乃爾大學博士

國立中央大學土木工程學系教授
風災介紹

許協隆

美國紐約州立大學水牛城分校博
士

國立中央大學土木工程學系教授
鋼結構耐震系統

王仲宇

美國德州大學奧斯汀校區博士

國立中央大學土木工程學系教授
橋梁健全性監測預警系統與資計
管理架構建置

李 釗

美國愛荷華大學博士
國立中央大學土木工程學系教授
由材料特性看鋼筋混凝土結構物
防災

陳惠國

美國伊利諾大學博士
國立中央大學土木工程學系教授
災變救援與疏散運輸系統

陳繼藩

美國威斯康辛大學博士
國立中央大學太空遙測中心及土
木學工程學系副教授
遙測影像生態環境監測

蔣偉寧

美國史丹福大學博士
國立中央大學副校長及土木工程
學系教授
地震風險評估與管理

陳介豪

美國威斯康辛大學博士
國立中央大學營建管理研究所助
理教授
職業災害

吳健生

德國斯圖佳特大學博士
國立中央大學土木工程學系副教
授
隧道交通災害預防

黃偉慶

美國普渡大學博士
國立中央大學土木工程學系教授
水土資源保育與坡地災害

吳 究

德國漢諾威大學博士
國立中央大學太空遙測中心主任
及土木工程學系教授
地層下陷量測

田永銘

國立成功大學博士
國立中央大學土木工程學系教授
山坡地災害緊急應變及安全監測

第 2 版序

本書初次出版於 1999 年初，原希冀在賀伯颱風與林肯大郡巨災之後，能提供工程界對災害防治的專業知識教材。歷經七年來台灣地區遭受 921 地震、納莉、桃芝等天然災害。重大災害的尋常化已成為共識，防災知識的了解也已成為二十一世紀土木工程專業的必備知識。

本修訂版的編撰由國立中央大學土木工程學系的十九位教授針對原書的內容加以檢討，並根據七年中『土木工程概論』一門課中修習學生的建議，以及近年來災害的具體資料加以整理，始得完成。在編撰期間感謝王美萍、章瑜蓓小姐的文書協助。撰寫過程參考了國內外多位學者的成果資料，在此一併致謝。本書疏漏之處，仍祈各界惠予指正。

修訂版編撰小組召集人

吳瑞賢 謹識

2005 年 6 月

序

近年來台灣地區之氣象災害、地震災害、崩塌災害與地層下陷等災害，其對經濟與社會造成不容忽視的損失。因此，中央大學土木工程學系針對天然災害之成因與災害防治之專業知識培養，在大學部開設一學期二學分的土木工程防災概論課程，並配合土木系各項傳統專業課加入防災教育教材，以全面對學生推廣防災的專業知識與內涵。教材中並落實本土化，以本土實例為主，以達「工程技術本土化」。展望未來，完整的防災教育計畫必須注重實作，以規劃防災工程實習實作課程，以培養學生操作檢測儀器，落實工程技術。

土木工程防災概論既為主軸先導課程，其教學的目標在於：

- (一)針對災害基礎知識的解說。
- (二)傳授具實務的災害防治專業知能。
- (三)為落實本土化的土木工程防災教育改進基礎。

而透過這些目標的達成有效地，培育防災（風雨災害、地震災害、崩塌災害等）智能之工程師以減低各種災害之可能損失，期能達到最小災害之情形。

本教材的編撰由國立中央大學土木工程學系的十八位教授共同組成編撰小組，首先規劃本課程中各章節的內涵，再請授課教授編撰講義試用於課堂，再依教授心得與學生反應整理編撰而成，為達到落實本土化的教育目標，教材中各章節所舉用的實例均以近年發生在台灣地區的事件為主，而內容雖然著重於土木工程上的專業知識，但也適

合於工學院其它科系，甚至於其它學院的同學做為瞭解天然災害的基礎教材。為更進一步協助同學在修習各章節中能有系統的掌握各課題的重點，我們特別請各章節的撰稿教授提供清楚的學習目標、摘要、關鍵詞彙、自我評量題目以及參考文獻，以達到教科書所應具有的整體性及可讀性。在編撰期間承中央大學工學院院長歐陽嶠暉教授之關心及指導，也感謝徐文玲小姐的文書協助，始得順利完成，匆促完稿付梓，疏漏之處，仍祈各界惠予指正。

編撰小組 吳瑞賢

張惠文 謹識

目次

第一章 防災都市計畫

- | | | |
|-----|--------------|----|
| 第一節 | 台灣的各種重大災害 | 2 |
| 第二節 | 安全都市之策略 | 14 |
| 第三節 | 都市計畫防災 | 17 |
| 第四節 | 都市公園與綠地之防災功能 | 29 |

第二章 維生系統防災

- | | | |
|-----|-----------|----|
| 第一節 | 維生系統之重要性 | 36 |
| 第二節 | 地震災害與維生系統 | 37 |
| 第三節 | 災害損失及防災 | 40 |
| 第四節 | 維生系統之防災措施 | 42 |
| 第五節 | 防災維生系統規劃 | 49 |

第三章 地震防災與對策

- | | | |
|-----|--------------|----|
| 第一節 | 地震的基本常識 | 58 |
| 第二節 | 地震災害的特性 | 61 |
| 第三節 | 台灣的地震環境與地震災害 | 62 |
| 第四節 | 震災對策 | 63 |

第四章 抗旱與水資源開發調度

第一節	乾旱的成因	95
第二節	水資源開發	101
第三節	水資源的涵養與調配	109
第四節	抗旱的整體策略	114

第五章 滂災防治

第一節	台灣之水資源環境	118
第二節	滂災之成因及防治	122
第三節	滂災應變系統	133
第四節	結 論	134

第六章 風災介紹

第一節	地表風場的特性	141
第二節	台灣的風災	144
第三節	風力對結構物的效應	151
第四節	環境風場的特性	155
第五節	風洞實驗	159

第七章 工址調查

第一節	工址調查之使命	170
第二節	工址調查的著眼點	174

第三節 調查步驟

178

第八章 地震時之地盤反應與砂土液化及其防治對策

第一節 地盤特性對強地動及結構物反應之影響 193

第二節 砂土液化及其防治對策 200

第三節 地震防災與震度微分區 222

第九章 由材料特性看鋼筋混凝土結構物防災

第一節 混凝土結構物劣化的型態 229

第二節 混凝土受物理性侵蝕 229

第三節 混凝土受有害化學物質侵蝕 233

第四節 鋼筋腐蝕 241

第五節 鹼質與粒料反應 245

第六節 海水對混凝土的侵蝕 246

第七節 結語 249

第十章 鋼結構耐震系統

第一節 鋼材之基本特性 254

第二節 使用鋼結構之優缺點 257

第三節 耐震設計之原則 259

第四節 有效之耐震結構系統 260

第十一章 橋梁健全性監測預警系統與資訊管理架構建置

第一節	前言	268
第二節	橋梁維護及安全預警監測系統	272
第三節	現地監測架構	274
第四節	資訊管理架構	285
第五節	結論	299

第十二章 隧道交通災害預防

第一節	隧道功能	304
第二節	隧道分類	305
第三節	隧道交通災害種類	311
第四節	隧道交通害預防措施	312
第五節	隧道交通事件偵測與反應程序	323

第十三章 災變救援與疏散運輸系統

第一節	運輸系統之功能	328
第二節	災變疏散作業內容	329
第三節	自用車輛的救援與疏散方式	330
第四節	公用車輛之調派	337
第五節	決策輔助系統	338

第十四章 遙測影像生態環境監測

第一節	遙測基本原理	342
第二節	衛星遙測	345
第三節	衛星遙測資料之特性	350
第四節	遙測影像應用於生態環境之監測	352

第十五章 地震風險評估與管理

第一節	前言	359
第二節	地震風險管理	362
第三節	地震危害度分析	365
第四節	地震損害評估	378
第五節	保險費率之計算	382
第六節	結論與建議	384

第十六章 水土資源保育與坡地災害

第一節	認識水土資源保育	388
第二節	土壤沖蝕	393
第三節	山坡地保育與利用	398
第四節	坡地災害	402

第十七章 地層下陷量測

第一節	地層下陷	416
-----	------	-----

第二節	測量方法	417
第三節	高程量測實例	420
第四節	討論與展望	426

第十八章 山坡地災害緊急應變及安全監測

第一節	前言	430
第二節	山坡地災害緊急應變程序	432
第三節	山坡地災害減災措施	439
第四節	安全監測	446
第五節	結論	452

第十九章 職業災害

第一節	職業災害之意義	456
第二節	職業災害之類型	461
第三節	職業災害的成因與影響	464
第四節	職業災害的防治對策	468
第五節	結論	471



第一章

防災都市計畫

學習目標

——研讀本章內容後，學習者應能達到下列目標：

1. 了解都市災害之問題
2. 了解都市計畫時應採取之防災措施
3. 了解都市街道之防災功能
4. 了解都市公園、綠地之防災功能
5. 了解為都市防災之街道樹配植設計

摘要

都市由於人口密集、各種生活及生產活動頻繁，因之一旦發生災害，其市民生命財產之損失至鉅。但都市之形成，可透經規劃及經營管理，以達到防災都市之目標，降低各種災害損失。

防災都市計畫之達成，可經由都市計畫防災、都市防災基礎設施及都市防災管理等策略，以及各種防災措施之配慮和管理，包括道路、公園、綠地及植生等之配置等，藉防災都市計畫的實施以降低災害損失，達到預防災害之目的。



第一節 台灣的各种重大災害

1-1 災害分類

所謂災害，依據「災害防救法」名詞定義，「係指風災、水災、震災、旱災、寒害、重大火災、爆炸案件、廠礦區意外事故、重大交通事故、化學災害、核子事故、營建工程災害及其他由中央主管機關指定之類似災害」。依據日本技報堂出版之防災手冊，將災害依社會面歸納為天災 46 種、人為災害 24 種之多，分述如次。

1-1 自然災害（天災）

自然災害雖說是天災，但若處理不當，則更增加災害的嚴重性，自然災害的種類如表 1-1。



表 1-1 自然災害之種類

一、氣象災害

(1)風災

因風力之破壞災害

飛砂災害

高潮災害

波浪災害

沿岸流如海洋侵蝕、埋沒、紅潮等所引起之災害

焚風 (Fohn) 災害

亂流所引起之災害

擴散氣流 (大氣污染、惡臭等)

龍捲風 (旋風) 災害

(2)雨災

洪水災害

山崩、崖崩災害

土壤侵蝕災害

積水災害

土石流、泥害

長期災害 (腐蝕等)

大氣乾燥 (火災之誘發)

旱災 (缺水及鹽害)

降雨多之災害

(3)雪災

積雪災害 (如結構物破壞、農作物受損、交通中斷.....等)

融雪災害 (洪水、雪崩)

冰災

降雪災害 (如登山事故、列車事故)

(4)酷寒災害 (氣溫下降)

凍土 (如路基破壞)

凍結 (港泊池結冰、妨礙流水等)

凍傷 (人畜)

冷害 (農作物、水產養殖)

(5)酷熱災害 (氣溫上升)

膨脹破壞 (如鋼軌膨脹列車出事、混凝土龜裂等)

(續)