

2014中華民國營建工程學會第十二屆營建產業 永續發展研討會

校園震災避難演練與避難時間之探討

*陳達青 (Dar-Ching Chen)
中華大學營建管理學系研究生

鄭紹材(Shao-Tsai Cheng)
中華大學營建管理學系教授

摘要

地震是重大天然災害成因之一，台灣平均每年可能發生一次災害性地震，因此，時時刻刻皆有可能發生災害，所以必須對地震所造成災害及防護措施多所瞭解，以期能在震災發生前有完善的準備，發生時能適時適地應對，震災發生後有妥善的因應對策，即可讓地震災害減至最低程度。教育部為慎重看待此議題，特別訂定「國家防災日」，每學期進行避難演練。本文透過震災避難演習，量測學生之避難時間和逃生速度，並探討避難時可能之行為狀況。

關鍵詞：震災、避難時間、逃生速度

Abstract

The earthquake is one of the major causes of natural disasters, calamity earthquake may take place once every year on average in Taiwan. Therefore, must understand the protective procedures for the earthquake, in order to be able to take place in the earthquake before a complete preparation, to timely and appropriate response to the event, after the earthquake had a proper response measures to reduce earthquake disaster. The Ministry of Education is very much attention to this issue, in particular to set "National Disaster Prevention Day" and take evacuation maneuvers in every semester. This study is through the maneuvers of taking evacuation of earthquake disaster, to measure students' evacuation time and escape velocity, and probe into the possible behavioral aspect while earthquake maneuvers.

Keywords : Earthquake disaster, Evacuation time, Escape velocity

一、前言

1.1 研究動機與背景

對於災害的衝擊所牽動的是社會、國家與校園整體安全的問題，必須加以重視，災害管理一直是世界各國乃至社會大眾所重視之工作，面臨災害的威脅與挑戰，除平時對可預期的災害影響加以補強防範外，更重要的是透過平日教育與妥

善規劃，藉以改善提升學生群眾對災害應變承受之能力，減低災損與傷亡。本研究擬根據內政部建築研究所「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」(97年6月)所載計算式，計算避難所需時間，藉這些被國內公認的建築物防火避難安全主要驗證工具，將其可靠數據帶入實作演練，當可驗證計畫之可行性，而應用於學校災害防救計畫之驗證或修正，應較能降低爭議性而增強計畫說服力，進一步減少災害來臨時人員傷害程度，相關研究結果俾利後續使用者做為參考。

1.2 研究目的

- 1、量測高中職學生震災演練之避難速度與避難時間，並驗證「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」計算避難時間之適用性。
- 2、探討避難過程中建築設施影響避難速度之因素。

二、疏散避難演練及觀察量測實務探討

2.1 概述

相關震災模擬演練以台中市某高級中學學生為對象，進行單間教室學生之避難，該教室位於中央大樓(C棟大樓)5樓，人數50人，本研究震災演練以一般體態之高中生為對象，暫不考慮行動不便者，教室平面圖如2-1。

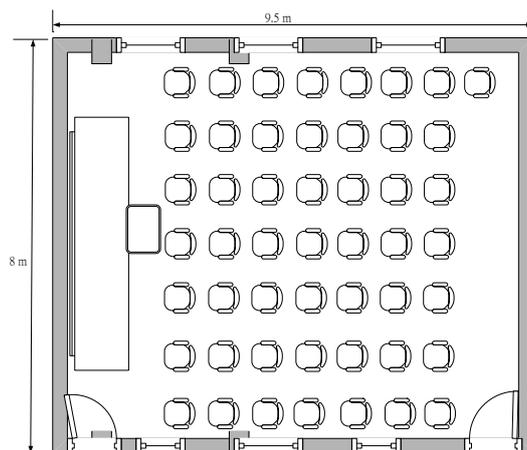


圖 2-1 教室平面圖

2.2 避難逃生演練建築物

實施避難逃生演練建築物為高中C棟大樓，為地上5層樓建築物，其中2樓為辦公室，餘4層樓皆為教室共20間可容納人數約為1000人，單一層樓樓地板面積513.45平方公尺，總樓地板面積2567.25平方公尺。

2.3 觀察方法：

本次研究係採用實際演練觀察法、時間比較法及攝影記錄觀察分析等方法，說明如下：

- 一、實際演練觀察法：藉由實際人群實施逃生演練，觀察教室內走道寬度及空間比對避難時間人流滯留位置及滯留發生時間與原因。
- 二、時間比較法：區分人數及規模進行，並將實際量測避難時間與參考文獻計算

式所得時間進行比較，以獲得規模人數多少與疏散避難時間之關聯性。

三、攝影記錄觀察分析法：在疏散路線重要節點(逃生出口及樓梯)處，架設攝影器材紀錄演練情形，並針對疏散過程中易產生壅塞及滯留區域分析原因。

2.4 觀察前置作業：

- 一、選定演練教室及班級學生，先觀察現場地理環境設施位置，選定適當觀測位置，如出口位置及可觀察地點。
- 二、排定疏散演練位置及疏散路線。
- 三、依該場所實際觀察，選定適當出入口及疏散路線節點作為觀測點，並架設攝影器材或安排專人攝影。

2.5 觀察量測計畫擬定：

為實際掌握人群流動實態，本研究選定以攝影觀察方式，從個人逐漸增加人數分次演練來調查大量群流可能產生的行動類型，俾便更進一步尋找空間與群流特性之相互關係，演練方式進行居室避難演練(含個別演練、走道寬度影響測試、多人及整班演練)分次實施。

一、觀察目的：

- (一)獲取避難逃生實測時間，並驗證「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」計算避難時間之適用性。
- (二)藉教室內走道及空間變化觀察對避難時間之影響。
- (三)藉觀察分析得到建築物(教室)逃生路線易產生壅塞及滯留區域及原因。
- (四)依演練所得資訊與分析疏散路線障礙影響狀況並據以調整修正疏散路線。

二、演練方式暨量測規劃：

演練過程於教室內、逃生出口(門口)及走廊架設攝影機，攝影機架設位置如圖 2-2，量測方式如下：

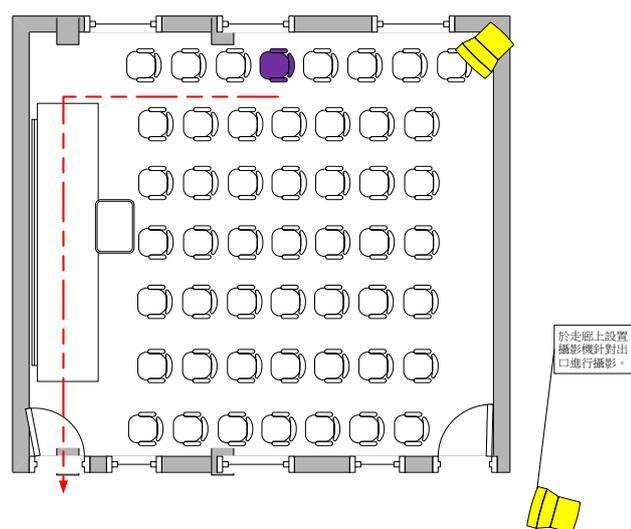


圖 2-2 攝影機架設位置圖

- (一)一般教室內量測教室內各排走道不同寬度對避難速度與時間之影響，區分走

道寬度 50 公分及 60 公分實施演練，分別找 4 位學生(2 男 2 女)攜帶書包進行單一路線區段量測，每人量測 3 次取其平均值，觀察走道寬度對避難速度與時間之變化，走道時間量測圖如圖 2-3。

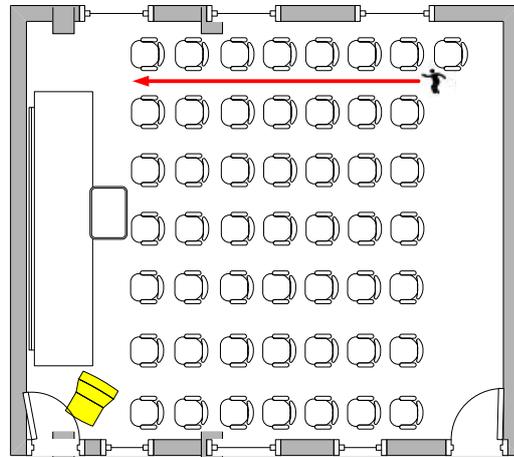


圖 2-3 走道時間量測圖

(二)量測學生避難時居室步行時間及通過逃生出口(門口)時間，區分單一學生(居室內最長路線為)、35 位學生、42 位學生及整班學生攜帶書包進行演練，並分析疏散避難情形是否造成滯留或壅塞及其造成壅塞之原因演練方式演練如圖 2-4 於教室內區分 a. 個別進行疏散、b. 35 人進行疏散、c. 42 人進行疏散、d. 整班進行疏散等方式進行，記錄時間，並分析發生教室空間比對避難時間之影響與人數增加時出口滯留情形。



圖 2-4 疏散演練規劃圖

2.6 演練量測：

依規劃分別進行模擬演練及量測，演練及量測狀況如圖 2-5。



走道寬度對避難速度與時間量測(1)



走道寬度對避難速度與時間量測(2)



a. 個別進行疏散



b. 35 人進行疏散



c. 42 人進行疏散



d. 整班進行疏散

圖 2-5 演練及量測狀況

2.7 教室空間比：

教室空間比為教室內可利用於人員運動之空間與教室空間之比值，惟因教室內高度皆相同，故空間比應為人員運動之面積與教室面積之比值。本文研究各狀況教室空間比如表 2-1：

表 2-1 各狀況教室空間比

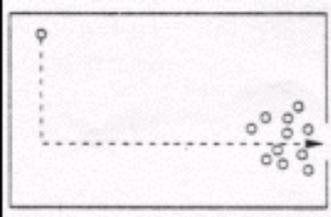
計算項目	1 人	35 人	42 人	整班
教室面積(m^2)	76	76	76	76
課桌椅及講桌面積(m^2)	同整班	18.6	22.2	26.28
可運用逃生空間比	同整班	76%	70%	66%

三、疏散避難時間驗證分析

3.1 避難安全性能

本研究適用「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」避難安全性能驗證法中之「樓層避難安全性能驗證法」第一階段，針對災害發生下，確認居室人員是否可以安全的避難至居室外部。換言之，乃先計算居室人員避難至居室外部所需之時間，此階段即所謂「居室避難性能驗證」。而居室避難活動的一些典型特徵，包括速度變化，疏散隊伍交錯排列，出口人員因獨占造成擁塞滯留等。

表2-2 居室避難安全性能

教室避難性能			
計算避難至居室外部所需之時間		其避難所需時間為下列三個部分之合計 • 避難開始時間 • 步行時間 • 通過出口所需之時間	計算上之主要參數 • 建築物收容人員密度 • 居室之面積大小 • 步行速度·出口寬度 • 有效出口流動係數

3.2 避難時間計算

參照「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」計算避難所需時間包含避難開始時間、到達居室出口步行時間與通過出口所需時間相關計算式如下：

一、走道通過時間：走道距離除以手冊內所列步行速度

$$t = \frac{v}{l} \quad t = \frac{5.8}{78} = 4.46(\text{sec})$$

二、避難開始時間：

$$t_{start} = \frac{2\sqrt{\sum A_{area}}}{30}$$

t_{start} ：人員開始避難時間(分)

A_{area} ：居室總樓地板面積(m^2)

三、到達居室出口步行時間：

$$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right)$$

t_{travel} ：居室任一點到達出口所需最長步行時間(分)

l_i ：居室任一點到達出口之步行距離(m)

v ：步行速度(m /分)

四、通過出口所需時間：

$$t_{queue} = \frac{\sum pA_{area}}{\sum N_{eff} B_{eff}}$$

t_{queue} ：居室人員通過出口所需時間(分)

p ：收容人員密度(人/ m^2)

A_{area} ：居室樓地板面積(m^2)

N_{eff} ：有效流動係數(人/ m 分)

B_{eff} ：有效出口寬度(m)

五、避難所需時間：

本文為量測震災人員避難時間，當地震發生時依據「地震避難掩護應變參考程序」學生在教室或其他室內應保持冷靜，立即就地避難，當地震稍歇時，應聽從師長指示，依平時規劃之緊急避難疏散路線，進行避難疏散。故震災開始無法模擬量測避難開始時間(心理反應時間)，故僅列計居室步行時間及通過出口時間，以做實測與比較(避難所需時間如表 2-3)，相關計算式如下：

$$\text{避難所需時間} = t_{travel} + t_{queue}$$

表 2-3 居室避難所需時間表

計算項目	代表符號	單位	走道	1 人	35 人	42 人	整班
居室步行距離	l	m	6.2	9m	9m	9m	9m
居室步行時間	t_{start}	min	0.079	0.115	0.115	0.115	0.115
通過出口所需時間	t_{queue}	min		0.006	0.111	0.167	0.278
居室避難所需時間	t	min	0.079	0.116	0.221	0.277	0.388
		sec	4.76	6.923	13.26	16.62	23.28

3.3 避難時間比較分析

一、走道寬度不同避難時間比較分析表如表 2-4，量測結果走道為 50cm 因走道狹隘又攜帶書包在行進運動時易形成障礙，造成疏散時間增加；走道寬度為 60cm 以上時，對疏散人流已無明顯影響。

表 2-4 走道寬度不同避難時間比較分析表

走道寬度	計算避難所需時間(sec)	量測避難所需時間(sec)	差異性	比較分析
50cm	4.76	4.985	低	走道狹隘(教室空間比較低)又攜帶書包，易造成疏散障礙
60cm	4.76	4.865	低	走道已無造成明顯疏散障礙

二、依上述計算所得居室逃生所需時間與實際量測所得時間進行比較，得到人數增加產生滯留時間亦相對增加，教室內演練人數不同量測避難時間如表 2-5 比較分析如下：

表 2-5 演練人數不同避難時間比較分析表

演練人數	計算避難所需時間(sec)	量測避難所需時間(sec)	差異性	比較分析
1	6.92	6.758	低	未發生滯留趨近於計算時間
35	13.26	13.35	低	發生短暫滯留，趨近於計算時間
42	16.62	17	低	發生短暫滯留，趨近於計算時間
50	23.28	24.28	低	發生短暫滯留，趨近於計算時間

- (一) 個別演練時因無速度變化、疏散隊伍交錯排列及出口人員因獨占造成擁塞滯留等因素，量測避難時間略低於計算時間，且差異性低。
- (二) 35 人以上演練在出口時皆造成一定程度人群壅塞滯留狀況，造成通過出口時間增加，量測時間與計算時間接近，差異性亦低。
- (三) 走廊可容納面積足夠容納疏散人數，且疏散人潮依序通過出口未造成推擠，將滯留時間縮短。

四、結語

逃生時間因人群數量增加，通過出口時產生疏散隊伍交錯排列，出口人員因獨占造成擁塞滯留包括速度變化等狀況，時間亦隨之增加，本文研究所得結果如下：

- 一、各種狀況下經以學生實際量測學生震災演練之避難速度與避難時間取平均值，驗證「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」計算居室內避難所需時間，所得數據差異性低，實際演練時間量測結果單人個別進行疏散演練較無滯留情形，35人、42人及整班疏散演練所得時間因產生滯留壅塞所需逃生時間亦隨之增加，惟因疏散地皆為熟悉路線且可滯留面積(走廊面積)足夠容納疏散人數，故滯留時間縮短，所測時間較計算得時間差異不大。故依本研究驗證所得，依手冊計算居室內避難所需時間可適用於居室實際避難演練。
- 二、經由走道寬度不同與教室內不同人數(考量教室空間比)進行實際演練探討避難過程中建築設施影響避難速度之因素，研究所得，實際量測教室走道約為50-60cm，分別以50cm及60cm走道寬度實測發現個人進行避難演練時與計算所得時間接近，走道在60cm以上時對個人行進已無影響。另教室人數空間比不同量測所得避難時間亦與計算所得居室避難所需時間接近，是故避難所需時間仍以通過出口所需時間為主要考量因素。
- 三、可滯留面積(走廊面積)所造成影響待後續樓層避難及整棟避難演練逃生時間研究再行探討。

五、參考文獻

1. 國立自然科學博物館921地震園區--學習資源網，
http://www.921emt.edu.tw/content/education/education03_01.aspx?sid=72&TypeID=6
2. 「建築防火避難安全性能驗證技術手冊」，內政部建築研究所，2008。
3. Jun Zhang, Weiguo Song, Xuan Xu, Experiment and multi-grid modeling of evacuation from a classroom, 2008.
4. 蕭鴻毅，人員流量計數系統記錄出入口進出人數之信度分析—以臺北市百貨公司為例，國立台灣科技大學，建築研究所，2007。
5. 陳建忠、江崇誠、沈子勝，「高層辦公建築避難演練與避難安全評估之研究」，內政部建築研究所研究報告，2003。
6. 辜柏峰，「國小學童火災避難時間之研究—以台中市國民小學為例」，朝陽科技大學，建築及都市設計研究所碩士班，2005。
7. 陳建忠、黃進興，「學童避難速度研究」，內政部建築研究所研究報告，2008。

作者聯絡資料(字體 8，論文發表人請於其姓名前註記*)

姓名	服務單位	職稱	地址	電話	E-mail	是否出席?
陳達青	教育部國民及學前教育署	商借人員	臺中市大里區甲園街 149 巷 23 號	04-22753301 0930092543	cara67955@yahoo.com.tw	是