

苗栗縣山坡地校舍損壞評估之研究

陳博亮¹ 陳昭勳^{2*}

摘要

苗栗地區是屬於山坡地地形，所以大部分學校均位於山坡地。但由於台灣位於歐亞板塊及菲律賓板塊之間，地殼板塊運動造成台灣地區地震頻繁，強烈地震經常會造成山坡地破壞，進而造成學校損壞。如何診斷受損校區之損壞程度是一個很重要工作，因為過大校舍損壞會造成建物崩塌，影響學生生命安全。本研究是受苗栗縣僑文國小委託，利用工程測量理論及邊坡穩定分析，評估校區之損壞原因以及是否有地滑傾向。由測量結果以及程式分析，測量結果顯示教學大樓及圖書館之傾斜數據以達修護及補強之規範值；則分析結果顯示僑文國小於三種分析模式下，其安全係數皆在容許規範內。另外校園內之土壤流失以及沉陷之原因研判為(1)排水溝堵塞造成水流亂竄，導致部分區域的土壤流失、(2)邊坡擋土牆之排水管於大雨時，排出大量泥水，導致校園及校舍沉陷。

關鍵字：校舍損壞、土壤流失、地層下陷、邊坡穩定分析。

Abstract

Maioli is a city located on the hill. Unavoidable, most of schools are built right on the slope of hill. Taiwan is frequently hit by earthquake which may results in the damage of slope stability. This slope instability could cause the school in dangerous. Surveillance of slope stability becomes an important issue for schools in Maioli. We adopt survey and slope analysis to investigate the safety of slope in schools. We find that school is safe in general and raining cases and unsafe in earthquake and earthquake with raining cases for Chao-wen elementary school. Soil erosion is also severe in the school. Drainage problem with heavy rain is the root cause for soil erosion.

一、前言

本專題研究為「僑文國小校舍安全監測計畫」，僑文國小圖書館以及教學大樓疑似因地基掏空以及邊坡滑動之疑慮，而造成地面及走道多起龜裂、沉陷等。為能完整了解目前沉陷情形對校舍結構安全之影響，必須進行沉陷情形之監測以及邊坡穩定分析，以分析造成地層下陷之原因，以供後續補強設計之依據。

本計劃分為五項工作項目分部進行，以期建立一個簡易診斷損壞程度的模式建構，以對整體校區安全進行評估：(1)資料蒐集、(2)現況調查、(3)現地測量、(4)邊坡穩定分析、(5)結論與建議。

¹ 國立聯合大學土木與防災工程學系，副教授，chenborliang@gmail.com

² 國立聯合大學土木與防災工程學系，碩士，ken08v@hotmail.com

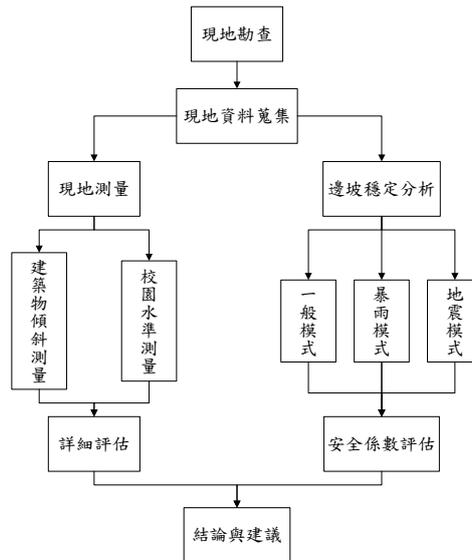


圖 1 研究作業流程

二、文獻探討

本章回顧相關建築結構安全評估現況，並列舉及扼要說明其安全評估法之內容及目的，以作為研究方法及分析討論結果之依據。

2.1 安全評估標準

首先進行校區與校舍調查，以了解地面沉陷對校舍及校區之影響。校舍調查之標準係依據內政部 97.5.1 台內營字第 0970803357 號函修正「震災後危險建築物緊急鑑定作業基準」摘錄建築物安全評估標準如下：

1. 建築物傾斜
2. 基礎與上部結構錯開或掏空
3. 柱損害程度
4. 梁損害程度
5. 結構牆損害程度
6. 磚造或加強磚造之損壞
7. 邊坡及擋土牆之損害（滑動範圍應同時考慮上邊坡與下邊坡）
8. 鄰近建築物之傾斜

2.2 現場檢測及材料試驗工作項目

以專業土木工程評估校舍，現場檢測及材料試驗工作項目方法如下：

1. 梁柱鋼筋配置探測（非破壞性檢驗）
2. 混凝土鑽心取樣回補
3. 混凝土試體抗壓強度試驗
4. 混凝土試體抗氯離子含量試驗
5. 混凝土試體中性化程度試驗
6. 標的物水平垂直測量

鑒於本研究為簡易判斷，故此六項方法僅採用「標的物水平垂直測量」做為研究判斷依據。

2.3 測量原理

本研究採用臺北市建築物工程施工損害鄰房鑑定手冊的測量原理作為參考。其內容提及鑑定標的物需作傾斜率測量及水準測量。每一棟結構體至少須對二面互成垂直之牆面實施傾斜率測量，惟為避免標的物本身牆柱角原有之垂直度施工誤差影響研判結果，建議以標的物四個角落均實施測量為原則。另因標的物之外部造型、內部裝璜及四週環境等情況之不同，得視需要使用各種不同種類之測量儀器。

2.4 邊坡穩定分析之安全係數

在此計畫中將運用邊坡穩定分析軟體 STABL(採用版本：STEDwin2.79)進行邊坡穩定分析，並採用「台北市山坡地開發建築基地規劃設計技術規範」第七條，作為邊坡穩定分析結果之判斷依據。

三、研究方法

3.1 現地勘查

調查校園、校舍及周邊環境並且於雨天時觀察水流之走向，並作拍照記錄，其損壞彙整結果如表 1 所示：

表 1 現地損壞情形

	
<p>地點：車棚下方擋土牆</p>	<p>地點：正門旁草地</p>
<p>狀況：大雨時，擋土牆排出泥水</p>	<p>狀況：掏空</p>
	
<p>地點：正門下方</p>	<p>地點：車棚</p>
<p>狀況：掏空</p>	<p>狀況：下陷、龜裂、掏空</p>

3.2 水準測量說明及成果

首先須設置基準點 (BM) 兩點以上，位置於開挖影響範圍以外，不受變動處之堅實位置設點。鑑定之標的物須先將平面示意圖繪出，測點位置標註於平面圖上，點位需編號並拍照存證，點位可噴漆或釘樁 (釘) 固定之，以供往後檢測依據。水準測量之測量值需至公尺以下小數三位值，採直接水準測法，往返需閉合於基準點，閉合差應在 $\pm 4\text{mm}$ 以內。

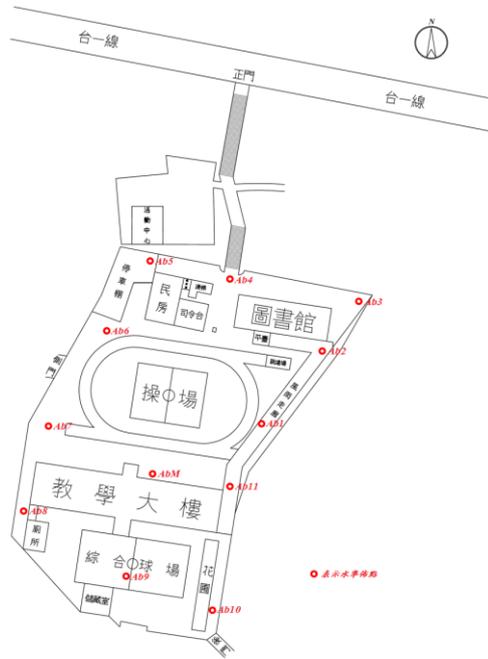


圖 2 校區測點分佈示意圖

表 2 校園高程比較表

測點	(0708)	(0723)	0730)	(0806)	(0811)	(0820)	(0907)	(0921)
AbM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ab1	-0.066	-0.066	-0.065	-0.064	-0.067	-0.066	-0.068	-0.066
Ab2	-0.366	-0.365	-0.365	-0.362	-0.367	-0.365	-0.367	-0.366
Ab3	-0.597	-0.598	-0.600	-0.596	-0.596	-0.598	-0.599	-0.599
Ab4	-0.783	-0.783	-0.787	-0.782	-0.783	-0.786	-0.784	-0.786
Ab5	-0.543	-0.544	-0.546	-0.542	-0.545	-0.547	-0.546	-0.548
Ab6	-0.332	-0.332	-0.333	-0.336	-0.332	-0.333	-0.334	-0.334
Ab7	-0.088	-0.087	-0.088	-0.090	-0.087	-0.088	-0.089	-0.089
Ab8	0.421	0.420	0.419	0.418	0.420	0.419	0.418	0.418
Ab9	0.497	0.494	0.496	0.494	0.494	0.494	0.492	0.492
Ab10	-0.108	-0.109	-0.110	-0.108	-0.108	-0.108	-0.111	-0.112
Ab11	-0.031	-0.032	-0.033	-0.031	-0.032	-0.031	-0.035	-0.034
閉合差	+ 0.001	- 0.001	- 0.003	-0.001	+ 0.000	+0.002	-0.003	-0.003

3.3 傾斜測量說明及成果

首先在鑑定標的物結構體之牆柱角正面延伸線上設一定點，以擺設儀器，經定點定平後，以望遠鏡十字絲對準柱角頂端或下端，由上往下或下往上順柱角邊緣線觀測。如柱緣與十字絲重合一直線表示柱角無傾斜，如柱緣與十字絲不重合即知柱角傾斜，傾斜值可以擺設鋼尺靠近柱緣，由十字絲縱絲切於尺面，讀出傾斜數值。觀測之測回誤差在 $\pm 3\text{mm}$ 以內為限，採二次平均值為準。樓高差值之計算應考慮水平兩向傾斜之影響，準確計算。觀測之柱角須繪製剖面示意圖，並將樓高差值、傾斜方向、觀測位置等標示清楚，並計算傾斜率。

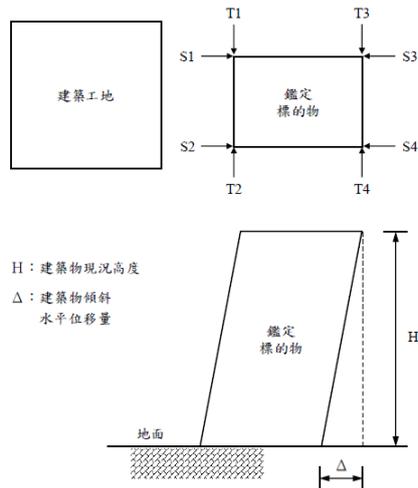


圖 3 傾斜測量示意圖

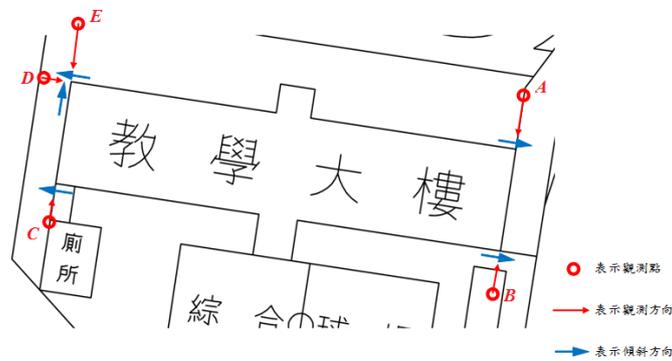


圖 4 教學大樓傾斜測量示意圖

表 3 教學大樓傾斜測量表

測點	測量高度	偏移量	傾斜率	傾斜方向
A	8.8 m	7.5 cm	1/117	左
B	7.3 m	1.5 cm	1/487	右
C	5.5 m	1.2 cm	1/458	左
D	7.4 m	6.6 cm	1/112	左
E	7.4 m	0.7 cm	1/1057	右

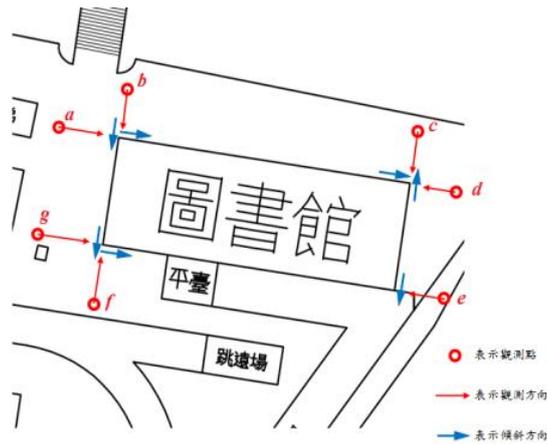


圖 5 圖書館傾斜測量示意圖

表 4 圖書館傾斜測量表

測點	測量高度	偏移量	傾斜率	傾斜方向
a	8.5 m	1.3 cm	1/654	右
b	8.5 m	5.7 cm	1/149	左
c	8.5 m	1.8 cm	1/472	左
d	8.5 m	1.2 cm	1/702	右
e	8.0 m	2.5 cm	1/320	左
f	8.4 m	4.0 cm	1/210	右
g	8.4 m	3.2 cm	1/263	右

3.4 邊坡穩定分析(STABL)

在此研究中，將利用型態、地質狀況、地下水位紀錄以及邊坡幾何形狀並以邊坡穩定分析軟體 STABL(採用版本：STEDwin2.79)進行穩定分析，土壤參數則是參酌工程地質鑽探調查報告建議之地層大地參數(表 5)作為分析依據。分別取圖書館(H-1 至 H-2)以及教學大樓(H-4 至 H-3)兩個斷面(圖 6)，並且考慮三種不同狀況(平時、暴雨以及地震)進行分析，結果如表。

表 5 地層大地參數

層次	統一土壤/岩石分類	(N)	單位重 $\gamma_m(t/m^3)$	比重 Gs	ϕ (deg)	c (t/m^2)
回填雜土雜物/ 卵礫石夾砂土層	GP/GP-GM	10~100	2.10 ⁽²⁾	2.65 ⁽²⁾	30~45 ⁽¹⁾⁽²⁾	0
黃棕/棕灰/灰色泥岩 及灰色泥質砂岩層	MS/SS	-	2.20 ⁽²⁾	2.70 ⁽²⁾	10~30 ⁽²⁾	3~51 ⁽²⁾

註⁽¹⁾：保守參考 Peck 經驗公式： $\phi=27^\circ+0.3N$ 之建議值。

註⁽²⁾：參考財團法人中興工程顧問社 1998 年出版之「土層土工參數之訂定法」，針對苗栗分區之卵礫石及軟岩層之研究結果。

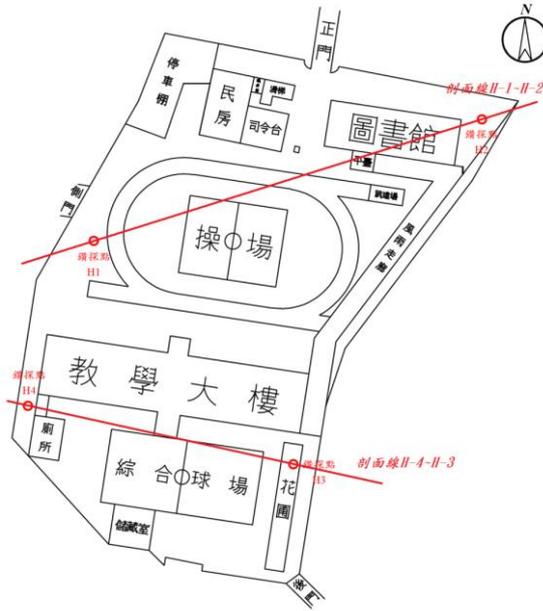


圖 6 邊坡剖面示意圖

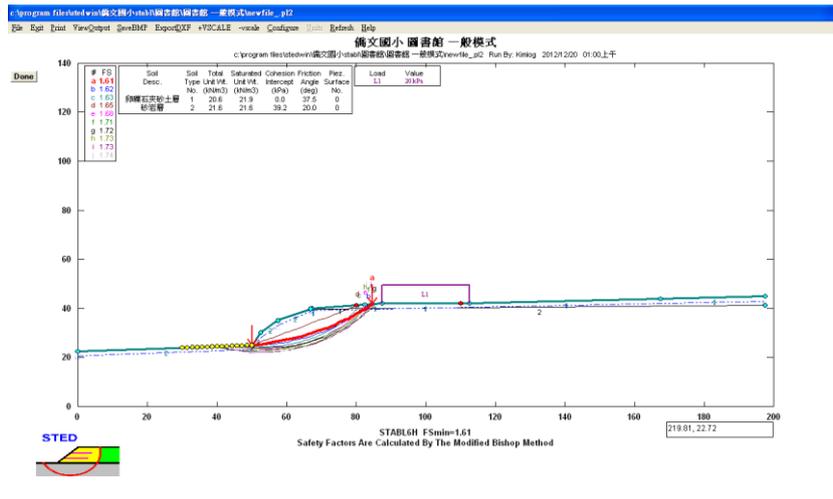


圖 7 邊坡穩定分析圖(一般模式)

表 6 邊坡穩定分析結果表

項次	分析狀態	安全係數 FS		規範要求*
		圖書館 斷面 H-1~H-2	教學大樓 斷面 H-4~H-3	
1	一般模式	1.61	2.33	FS ≥ 1.50
2	暴雨模式	1.61	2.33	FS ≥ 1.10
3	地震模式	1.22	1.60	FS ≥ 1.20

* 水土保持手冊 94 年 11 月

五、結論與建議

(一)結論

1.由現地勘查中，發現校區多處土壤流失，並且於雨天時，擋土牆之排水管排出大量泥水，研判此因素為造成校園及校舍沉陷之主要原因；另外全校水路系統長年使用，缺乏完善維護及清理，以至於淤積堵塞，失去原有的排水功能，亦是導致校區內多處土壤流失、沉陷等之成因。

2. 建築物傾斜測量結果顯示，教學大樓及圖書館傾斜率皆已達修復及補強之法規值。

3. 由地質鑽探資料結果顯示，四個鑽探位置之岩盤深度為地表下方 1.9~5.4 公尺之間，並且於基地地盤分類計算顯示，屬於第一類地盤；在進行邊坡穩定分析結果顯示，於三種不同模式分析狀況下，皆沒有地滑的疑慮。

(二)建議

1.全校排水系統做重新規劃及修復，並且排定固定之維護時間，以延長使用壽命。

2.擋土牆作維護、修復以及增加濾層材料，以阻絕雨天時土壤之流失，以確保擋土牆之功能。

3.由於教學大樓及圖書館之傾斜率已達修復及補強之規範值，建議針對結構體損壞部分補強、修復及評估其費用，以保障學生上課之安全。

參考文獻

- 1、 臺北市建築物工程施工損害鄰房 鑑定手冊。
- 2、 苗栗縣僑文國小 校舍新建工程竣工圖。
- 3、 「建築物耐震設計規範及解說」內政部營建署 100 年 1 月修訂版。
- 4、 台北市山坡地開發建築基地規劃設計技術規範 - 第七條。
- 5、 公路橋梁耐震設計規範解說。
- 6、 公路橋梁耐震設計規範 98 年 6 月修訂內容。