

強降雨對屋頂排水影響之研究---

以台北與東京地區之比較為例

*范慧玫(Hui-Mei Fan)
中國科技大學建築研究所

**張學誠(Hsueh-Cherng Chang)
中國科技大學建研所副教授

摘要

隨著氣候變遷影響，台灣大台北地區與日本東京地區同因氣候變遷發生強降雨的機率愈來愈大，強降雨對建築物屋頂損害影響極大，極容易產生建築物屋頂積水之現象，為瞭解強降雨對建築物屋頂排水模式之積水關係，本研究將以蒐集台北與東京屋頂排水模式之法規資料，遇強降雨下，比較分析屋頂排水模式對於排水效能之影響。

關鍵詞：積水關係、屋頂損害、屋頂排水、

The Research of Roof Drainage for The Influence of Heavy rainfall --- The Comparison of Taipei and Tokyo

Abstract

As the impact of climate change, the probability of the greater Taipei area Taiwan and Japan in the Tokyo area with heavy rainfall due to climate change happen more and more big, heavy rainfall devastating impact on the building roof, very prone to the phenomenon of stagnant water of the roof of the building, to understand heavy rainfall for water drainage patterns of relationship building roof, this study will collect information on legislation, Taipei and Tokyo roof drainage patterns, the next case of heavy rainfall, roof drainage model for the comparative analysis of the impact of the drainage effectiveness..

Keywords:. Water relations, roof damage, roof drainage,

一、前言

本研究將以蒐集台北與東京屋頂排水模式之法規資料，遇強降雨下，比較分析落水頭不同口徑與落水罩對於排水效能之影響。並在歸納分析兩地在強降雨誘發屋頂漏水案例的基礎上，研擬出強降雨下建築物屋頂排水優良模式。

1.1 本研究動機：近年來發生的幾個強降雨延時排水致屋頂漏水的典型案例，誘發瞭解強降雨對屋頂排水效能之影響。

1.2 本研究目的：瞭解近年來發生的幾個強降雨誘發屋頂漏水的典型實例，以透過實驗證實強降雨對屋頂排水效能之影響，進而研擬出建築物屋頂排水模式之策略。初步建立了幾類屋頂防水避險策略的典型模式。

二、研究方法及文獻回顧

2.1 雨量資料選取及分析

於整理蒐集雨量資料時，必須選擇適當之降雨延時間距，以利排水工程設計。雨量資料選用方式可利用年最大值選用法，其則又分為全部記錄選用法(Full Series)、極端值選用法(Extreme-value Series)和超過一定量選用法(Partial-duration Series)。而作為推求降雨強度公式之雨量資料選用，則以年最大值選用法最為常用，該方法為每年選出一個最大降雨資料，當氣象站有N年雨量資料時，即有N個雨量資料。在推求降雨強度公式時，依所收集降雨資料分析水文資料。其分析方法有經驗分析法(Fair,1954)以及頻率分析法(Chow,1951)，經驗分析法是將該地區選用之各場降雨量先轉換成降雨強度，然後將依照不同之降雨延時，分析發生不同降雨強度之次數，並可將該地區降雨強度與降雨延時之關係繪製一統計表，即可以在持續時間中內插求降雨強度，或者在降雨強度內插求持續時間【2】；頻率分析依據國內較常使用統計分布之種類有一般極端值分布(Generalized Extreme Value，簡稱GEV)、皮爾遜第三型分布(Pearson Type III Distribution，簡稱PT3)、對數皮爾遜第三型分布(Log-Pearson Type III Distribution，簡稱LPT3)和三參數對數常態分布(Three-Parameter Lognormal Distribution，簡稱LN3)等用於極端事件之機率分布進行頻率分析。一般極端值分布主要是依據形狀參數k值(相當於樣本之偏態係數)的特性來予以區分為三種型態，當k為0時(即偏態係數等於1.139)，則為極端值一型分布(Extreme-Value Type I Distribution，簡稱EV1)；當k為負值時(即偏態係數大於1.139)則為極端值第二型分布(Extreme-Value Type II Distribution，簡稱EV2)；當k為正值時(即偏態係數小於1.139)則為極端值第三型分布(Extreme-Value Type III，簡稱EV3)【3】。頻率分析通式(Chow，1951)以推算重現期距T年水文量之公式如下【2】：

$$X_T = M + K_T \cdot S \quad (2-1)$$

式中， X_T ：重現期距為T年之水文量； M ：水文資料之平均值； K_T ：頻率因子(Frequency Factor)，為機率分布及重現期距T年之函數； S ：水文

資料之標準偏差

上式(2-1)即表示重現期為T年之水文量 X_T 等於水文資料之平均值 M 加上一個變異量，而變異量等於水文資料之標準偏差 S 與頻率因子 K_T 之乘積。對於某特定重現期而言，不同機率分佈之頻率因子與相對應重現期之關係，可以表示為數學方程式或以列表之方式呈現，因此若確認水文紀錄之機率分佈並知其統計特性參數，則當給定一重現期之後，即可計算出水文量之數值大小【4】。

2.2 降雨強度-延時-頻率關係推算

降雨能對建築物屋頂造成滲漏水的原因，往往是出於短時間內降下的豪大雨，如颱風、集中性豪大雨等，或者是降雨延時長所導致的屋頂長時間處於濕潤積水的情形，配合敏感度分析公式。在渠道流時間部分，主要取決於排水渠道長度；在漫地流時間上則受糙度及坡度之影響較大【集水區型態對集流時間影響之研究】【5】。在考慮排水系統的設計規劃中，可以很清楚地得知離排水出口附近的雨滴僅需很短的時間便可流至排水出口，而落在離排水口較遠的雨滴則需較長的時間方可到達排水口，以建築物屋頂而言，降雨延時會大於集流時間，故可計算逕流量以採用合理化公式(Rational Formula)來推估建築物屋頂之逕流量，因其計算簡單好用，若干國內之工程設計準則或者規範如<水土保持技術規範>皆以合理化公式推估逕流量，其公式如下【5】：

$$Q_T = 0.278 \times C \times i_T \times A \quad (2-2)$$

式中， Q_T ：重現期距為T年之設計尖峰流量(m^3/s)； C ：逕流係數(無單位)； i_T ：重現期距為T年之設計降雨強度(mm/hr)； A ：規劃地區面積(km^2)

表 2-1 東京都30年來年降雨偏差表

1985年	+97.8
1986年	-213.4
1987年	-143.8
1988年	+17.9
1989年	+190.6
1990年	+148.8
1991年	+184.0
1992年	-58.8
1993年	+318.4
1994年	-417.2
1995年	-50.4
1996年	-230.6
1997年	-29.6
1998年	+355.4
1999年	+110.9
2000年	-24.0
2001年	-26.2
2002年	-148.6
2003年	+83.2
2004年	+204.3
2005年	-206.1
2006年	+154.9
2007年	-157.2
2008年	-74.9
2009年	-34.1
2010年	+257.9
2011年	+167.8
2012年	+143.7
2013年	+60.4
2014年	+123.8

東京都30年間年降雨量偏差值(年降雨基準平均值的差，基準

值以1985~2014期間)

資料來源:東京都氣象廳

2.3 降雨量與雨水排水管之關係

我國建築排水設備系統之設計規範，目前主要是以建築技術規則建築設備編第2章第1節給水排水系統（條文第26條至第36條）為法令依據，依據〈建築技術規則〉中指出屋頂雨水排水設計取決於降雨量的大小，若排水設計不良或者排水管數量不足，則可能造成屋面之積水，甚至超過防水之收頭而溢入室內造成漏水。因此，降雨量的大小與排水設施有絕對之關係。表2-2與表2-3表2-4為〈建築物防水設計手冊〉所推導計算出降雨量、屋頂排水面積與排水管之關係【1】，其計算垂直排水管的排水量公式如下：

$$Q = C \times A \times 2gh \quad (2-13)$$

式中，Q：垂直排水管的排水量(m³/s)； C：流量係數(=0.6)； A：排水管之有效斷面積(m²)； g：重力加速度(=9.8m²/s)； h：連接排水溝深度或水深(m)

表 2-2排水立管管徑表(資料來源：文獻12)

管徑〔mm〕	最大容許屋頂面積〔m ² 〕
50	67
65	121
75	204
100	427
125	804
150	1254
200	2694

表 2-3雨水橫總管的管徑表(資料來源：文獻12)

管徑〔mm〕	最大 f _u D 數			
	排水坡度			
	1/192 〔≒0.52/100〕	1/96 〔≒1.04/100〕	1/48 〔≒2.08/100〕	1/24 〔≒4.17/100〕
50			21	26
65			24	31
75		20	27	36
100		180	216	250
125		390	480	575
150		700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
380	7000	8300	10000	12000

表2-4雨水橫支管管徑表(資料來源：文獻12)

管徑 〔mm〕	最大容許屋頂面積〔m ² 〕		
	配管排水坡度		
	1/96	1/48	1/24
75	76	108	153
100	175	246	349
125	310	438	621
150	497	701	994
200	1068	1514	2137
250	1923	2713	3846
300	3094	4366	6187
375	5528	7804	11055

2.4 研究方法

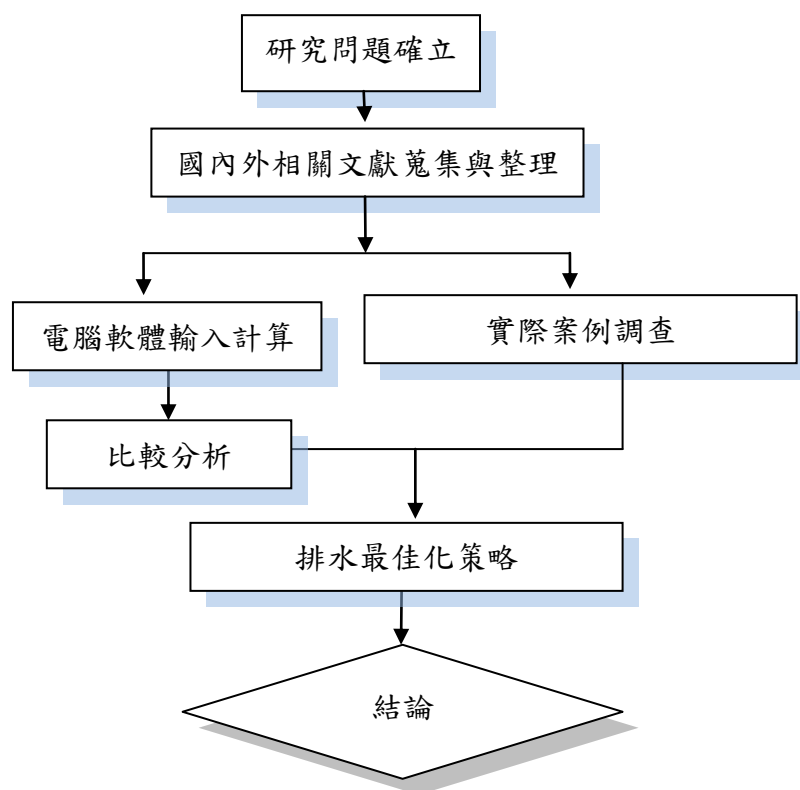


圖 2-1 研究流程圖 (資料來源：本研究繪製)

三、案例調查

3.1 案例1

北部地區○○集合住宅屋頂(照片3-1照片3-2)，其建築為鋼筋混凝土

造，因降下大豪雨時，發現排水延時，致屋頂積水，進而導致屋頂天花板損壞。



照片3-1 臺北市民宅屋頂1

照片3-2 臺北市民宅屋頂2。

3.2 案例2

本案例為台北地區○○建築(照片3-3照片3-4)，屋頂採用鋼構架斜屋頂，材料為浪型屋面烤漆鋼板，天溝則使用混凝土之設計。本案例因降下大豪雨時，無法及時排水，發現牆面與屋頂板交接處，有雨水滲入室內之情形。



照片3-3 鋼構斜屋頂天溝



照片3-4 鋼承板與支承梁

3.3 案例3

為東京地區○○住宅屋頂，其建築為瓦造屋頂，當降下大豪雨時，雨水順屋頂排水天溝而下，另外在屋瓦交接處防水處理。致在強降雨時，屋頂可迅速排水，房屋屋頂不致損壞。



照片3-5 東京都民宅屋頂

照片3-東京都民宅屋頂排水溝

3.4 案例4

東京地區○○建築屋頂，強降雨量由溢水口迅速排出。



照片3-7 東京都〇〇建築屋頂



照片3-8 東京都〇〇建築屋頂

四、案例綜合分析

4.1 綜合各案例調查之結果，分析如下：

- (一)分析屋頂因強降雨滲水而造成損壞，其主因之一為依屋頂排水量排水模式設計不足，造成屋頂積水，最後入滲至屋內。
- (二)依案例 2，屋頂之一側僅設置單一排水淺溝，未考量排水阻塞機率以及水流速度坡度不足的問題，也是造成屋頂積水之原因。
- (三)屋頂集水：東京民宅屋頂一側置積水槽排水，強降雨大水量較能迅速儲留積流再排出屋外。
- (四)最佳的排水措施應為排水路徑短，可以排掉任何的降水量，不蓄積雨水於屋頂。免造成屋頂損害。

4.2 利用日本電腦軟體試算，得到結果如下

〔例〕最大降雨量為 100mm/hr 的地區，屋頂面積為 360m² 之建築物，其雨水橫總管管徑。由表 2-4 查得當雨水橫總管之排水坡度設定為 1/96 (1/100) 時，雨水橫總管管徑應為 150mm φ。

〔解〕置入<屋頂排水設計軟體>計算結果，顯示排水能力不足應加大排水尺寸。

計算のための条件設定 (数値を入力してください)

◆ 降雨量

W: 降雨量 (≠体積)
 落水口1ヶ所あたりの軒の長さB (m)
 落水口1ヶ所あたりの屋根投影面積・S
 a: 降雨強度 (mm/h) (標準: 160mm/h)

◆ 軒とい排水量 (プルダウンメニューより、軒といを選択し、「選択」ボタンを押してください)

排水有効断面面積 (cm²)
 1: 水圧配 (標準: 5/1000)

◆ たてとい排水量 (プルダウンメニューより、たてといを選択してください)

排水有効断面面積 (cm²)

計算します

W: 降雨量 100 (l/s)
 Q: 軒とい排水量 285 (l/s)
 Q': たてとい排水量 600 (l/s)
 W < Q, W < Q' の時が適合サイズです。
 このサイズでは排水能力は不十分です。サイズを大きくして下さい。

圖 4-1 日本屋頂排水設計軟體

五、結論

台北與東京地區皆因氣候變遷所帶來瞬間豪大雨的機率升高，即降雨強度有增加之趨勢，亦使得建築物屋頂雨水排水能力負擔為之加重，本研究旨在探討建築物屋頂雨水排水效能，表列兩地區降雨量資料比較，以年最大降雨量之重現期距頻率分析法作比較，並以實際之案例調查及電腦數據計算驗證等方式，探討屋頂雨水排水管之排水量與降雨強度之關係以及兩地屋頂排水模式，顯示台灣法規已不符合時令，應做進一步檢討。更甚而若能研擬出將雨水回收再利用，對永續環境將有良善助益。

六、參考文獻

1. 蕭江碧、游顯德、謝宗義，「建築物防水設計手冊」，內政部建築研究所，2001。
2. 余濬，降雨強度之推算，科技圖書股份有限公司，2004。
3. 陳人敬，「臺灣南部年最大 24 小時與一日暴雨比值之探討」，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文，2003。
4. 王如意，「應用水文學，中國土木水利工程學會」，台北市，2000。
5. 陳樹群(Su-Chin Chen)；謝永能(Yung-Neng Hsieh)「集水區型態對集流時間影響之研究」，中華水土保持學報；39 卷 1 期 (2008/03/01)，P83-93
6. 重松尚久(吳工高專)、小堀慈久(吳工高專)、岡本有希加(愛媛大)，「降雨強度致邊坡坍塌之穩定性分析施工方法的調查研究」，2012。
7. 陳儒賢(Lu-Hsien Chen)；陳清田(Ching-Tien Chen)；洪毓婷(Yu-Ting Hong)，「台灣地區年最大一日雨量區域頻率分析之研究：(II)實例分析」，中華水土保持學報；41 卷 2 期 (2010/06/01)，P1-13。
8. 財團法人成大建築文教基金會，鋼構建築概論，科技圖書股份有限公司，2006。
9. 陳樹群，郭靜苓，吳俊鎰，「西台灣強降雨誘發崩塌規模與區位之特性分析」，中華水土保持學報；44 卷 1 期 (2013/03/01)，P34-49。
10. 許強(Qiang Xu)；董秀軍(Xiu-Jun Dong)；劉漢香(Han-Xiang Liu)，「強降雨誘發深層岩質滑坡的典型模式與發生機制」，CEPS 中文電子期刊，2011。
11. 許銘熙等著，2002，台北市排水系統調查檢討及資料建檔—雨量及雨型分析研究成果報告書，國立台灣大學水工試驗所。
12. 林憲德，「雨水排水系統」，內政部建築研究所技術研究發展委員，2001。