

# 台北陽明山仰德集水區土石流災害消滅措施之設計及施工

鄭皆達<sup>(1)</sup> 高欣平<sup>(2)</sup> 李錦浚<sup>(2)</sup>

## 摘 要

九十年納莉颱風造成台北市許多嚴重的災情，颱風所夾帶之豪大雨造成台北市仰德大道二段二巷五十號下方野溪邊坡坡面崩塌，土石沿溪溝往下流，釀成下游至善路嚴重土石災害。本研究針對此次災害的自然及人文因子探討今後災害消滅措施之設計與施工之相關問題，在設計時除了節制壩等較常用災害消滅措施外，並特別考量上游排入野溪之廢水所造成不良氣味問題之解決，設計開口式及封底式交錯排列之排水溝，讓廢水經過自然的生物淨化來減少臭味。另外由於本工程緊鄰住宅，因此設計施工過程中充分結合社區居民看法與共識，在本研究所提出設計及施工時考量災害消滅、環境品質與居民參與之多元作法，可供今後類似工程設計施工之參考。

（**關鍵詞**：土石流、工程、納莉颱風）

## Design and Implementation of Debris Flow Mitigation Measures for YangDe Watershed, Yangmingshan, Taipei

*J. D. Cheng, H. P. Kao and C. C. Lee*

Professor and Graduate Students respectively, Department of Soil and Water Conservation,  
National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

## ABSTRACT

Heavy rainfalls brought by Typhoon NARI in September 2001 had caused debris flows with significant damages to roads and properties at YangDe Avenue of Yangmingshan area, Taipei. This study investigated natural and man-made factors governing the occurrence of the YangDe debris flows. Design and implementation of debris flow mitigation measures are proposed. Ways of improving environmental quality of the study area are also suggested. Public opinions are included in the disaster mitigation and environmental restoration planning.

（**Key words**：Debris flow、Engineering、NARI Typhoon）

---

(1)國立中興大學水土保持學系教授

(2)國立中興大學水土保持學系研究生

## 一、前言

臺灣因特殊水文環境因子及不當土地利用，常造成嚴重之山崩、地滑、土石流及山洪等坡地土砂災害，對人民之生命財產造成潛在威脅，其中以土石流（debris flow）具高破壞力的成災特性，所造成的災害規模尤為慘重。

台北市士林區仰德大道二段二巷五十號下方，於九十年九月十七日納莉颱風來襲時，因豪大雨造成邊坡坡面崩塌，土石沿溪溝往下流，阻塞排水路，並於下游至善路釀成土石災害。仰德大道二段二巷五十號下方野溪經崩塌破壞後，造成多處裸露邊坡，雖經搶修，施作混凝土及加勁式擋土牆，但因野溪上游集水區達 38 餘公頃，若遇暴雨沖刷，有再發土石災害之危機，故台北市政府撥下預算，要求詳細設計防災措施。

本研究為提供今後類似工程設計施工之參考，對於此次災害發生的原因，經過和當地居民多次了解及現場勘查後，考量防止未來災害發生及居民生活環境改善，因此有必要解決仰德大道二段二巷五十號下方土石流問題，確保住宅安全，維護國土保安。

## 二、環境基本資料與分析

### (一)調查範圍區域概述

調查區域係屬台北市士林區翠山里範圍，仰德大道為台北市往陽明山的必經通路之一，亦為通往金山的重要的交通幹線，仰德大道二段約略興建在嶺線上，道路東西兩側均較路面為低，因此，仰德大道二段為兩側集水區之分界。調查區域沿仰德大道以東，上游自莊頂路為分界，沿仰德大道往下經永福里永明寺，陽明安養中心，華廈安養中心至仰德大道二段二巷五十號路口後，至至善路二段二十五巷口止。

本坑溝上游集水區約呈 L 形，匯集自莊

頂路以下約 38 公頃集流面積之逕流，上游段在仰德大道二段二巷以上，坑溝由東北至西南，中游段在仰德二道二段二巷至原自來水公司西側雙溪量水站，坑溝轉西北向東南，而在下游陡坡段，坑溝由北向南。

集水區地勢最高處為莊頂路，高程約 203.80m；最低處為至善路二段二十五巷口，高程約為 23.38m；坑溝長度 495m，坑溝全段平均坡度為 36.45%。計畫範圍地形圖詳圖 1。

### (二)土地利用現況

集水區內土地利用分為農業、住宅及原始林三大類，農業使用主要分布於上游集水區及山溝中游兩側，居民利用平台處種植蔬菜，坡面種植果樹竹林。沿仰德二道二段各巷兩側，為住宅區，另坡度較陡的上游山溝，無開發使用情形。

### (三)環境地質狀況

根據台北市二萬五千分之一地質圖，計畫範圍之仰德大道二段二巷五十號之台地面出露地層為上部凝灰角礫岩（tbu），切穿嶺線之坡面中段為角閃石兩輝石安山岩（ahp）。詳見圖 2。

凝灰角礫岩為火山碎屑之堆積，由略帶稜，大小不一之安山岩碎塊，以及顆粒較細之凝灰岩、泥岩等夾雜混合構成，一般膠結良好。安山岩由火山岩流固結而來，火山岩流多分佈於火山地帶之中央部份，為構成火山部份之主體。

最接近的地質構造線坎腳斷層在計畫範圍東南側通過，距基地約 550 公尺，計畫區域內過去並無災害記錄。

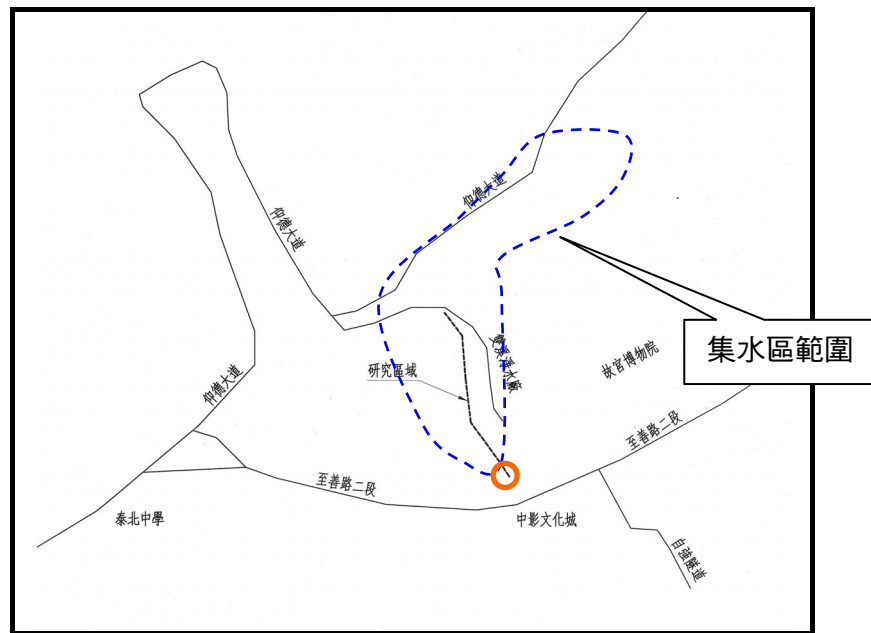


圖 1.研究地區位置圖

Figure 1. Location map of study area.

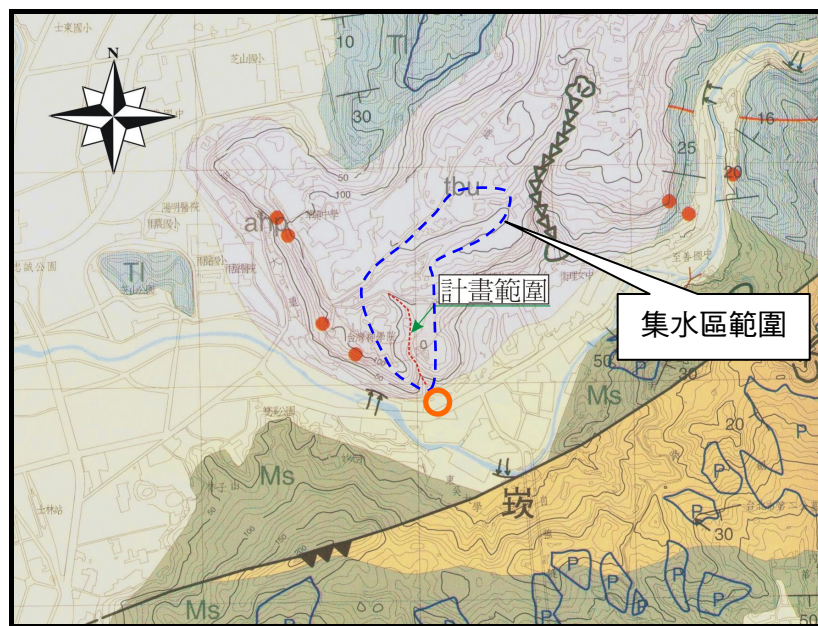


圖 2. 研究地區地質圖

Figure 2. Geology map of study area.

#### (四)氣候特性

本基地位於台北盆地之東北緣，鄰近計畫區域又有長期氣象資料統計者有中央氣象局設立之臺北站，位於陽明山之竹子湖及鞍部站。

依據摘錄自「台灣地區氣象資料庫」之中央氣象局鞍部、竹子湖站及台北測站之長期氣候統計資料(八十八年六月，行政院農業委員會補助，國立屏東科技大學編印)，詳如表 1 測站站況表及統計資料表，一般說來每年除了 8-11 月有颱風豪雨，雨量甚多，其餘各月的降雨量相當平均，均在 200~300mm 之間，均屬於多雨地區。

#### (五)降雨紀錄及分析

造成本次土石流嚴重災情的納莉颱風為 90 年度第 16 號颱風，納莉颱風於 90 年 9 月 6 日 11 時在台灣東北方海面形成，形成後以緩慢以東北東方向朝琉球那霸移動，8 日調頭轉向西北西和偏西方向，對台灣北部海面構成威脅。10 日此颱風再次回頭東移至琉球那霸近海打轉兩天，13 日此颱風再次調頭緩慢地直撲台灣，16 日 21 時 40 分左右在台灣東北角登陸，經 49 小時後，由台南安平附近進入台灣海峽南部，加速向西移動進入廣東省，減弱為熱帶性低氣壓，颱風路徑詳見圖 3。由於納莉颱風在琉球附近滯留時間長，吸收大量水氣，因此，在登陸台灣前後，為台灣陸地帶來大量的雨水。

調查區域災情係於九月十七日納莉颱風登陸期間發生，根據台北市政府養工處設置的雨量站，自九月十五日十一時開始降雨，七日十二時止，鄰近調查區的雨量站有至善站的 829 公厘，另有完整長期時雨資料可供參考者有中央氣象局設置之竹子湖氣象站，竹子湖氣象站逐時雨量記錄詳圖 4，納莉風災期間累積三日最大降雨量達 1,125 公厘，三日

降雨量已全年平均雨量 4,543.2mm 之 24.8%，幾已達佔全年的 1/4。

鄰近計畫區域另有中央氣象局的內湖雨量站(中央氣象局氣象站別代碼:C0A9F0)逐時降雨量記錄，內湖雨量站位內湖高工內，在計畫區東東南方約 4 公里，其逐時雨量資料用以說明計畫區在納莉風災時之雨量。內湖氣象站在納莉風災期間之時雨量記錄詳圖 5。根據內湖氣象站的統計資料，納莉風災期間累積三日(7/17~19)最大降雨量達 913 公厘，且在 9/17 日凌晨 1 時之 1 小時雨量達 107.5mm。

本山溝發生溪溝坡面崩塌沖蝕災害，根據文獻研究，集水區發生土石流的主因為溪床坡度，集水區面積及降雨特性等。而集水區面積及溪床坡度為地形及地質因子，為集水區中原本即已確定的因子，以較大尺度而言，其變化較小，而降雨特性—如降雨強度、累積雨量及降雨延時，臨前降雨等因子，對每場降雨均不相同，但據文獻研究，以有效降雨強度及累積雨量與土石流的發生最為相關。集水區中降雨產生的逕流是土石流流體的重要組成部分，更是激發土石流的直接條件，根據台北市的經驗式，在降雨強度大於 30mm/hr，累積超過 100mm 時，即有發生土石災害的危機，本年 9 月 5 日在北投區水磨坑地區，5 日 12 時降雨 43mm，18~21 時分別降雨 50,70,68,23mm，累積降雨量達 281mm，即爆發大規模的土石流，並造成巨大災情傳出。根據內湖氣象站納莉颱風的降雨量記錄，9 月 17 日凌晨最大的時雨量已達 100mm 以上，早已超過台北市的土石流警戒預警值甚多。

表 1. 竹子湖、鞍部、台北三氣象測站站況及統計資料表

Table 1. Main features of three recording climate stations near the study area.

| 流域別 | 站名  | 標高<br>(m) | 位置      |        | 站址        | 資料期間     | 年平均<br>雨量(mm) |
|-----|-----|-----------|---------|--------|-----------|----------|---------------|
|     |     |           | 東經      | 北緯     |           |          |               |
| 淡水河 | 台北  | 5.3       | 121°30' | 25°02' | 臺北市城中區榮文里 | -15年~86年 | 2134.1        |
| 淡水河 | 竹子湖 | 600.0     | 121°32' | 25°10' | 臺北市北投區湖田里 | 36年~86年  | 4543.2        |
| 淡水河 | 鞍部  | 836.2     | 121°31' | 25°11' | 臺北市北投區湖田里 | 32年~86年  | 4729.2        |

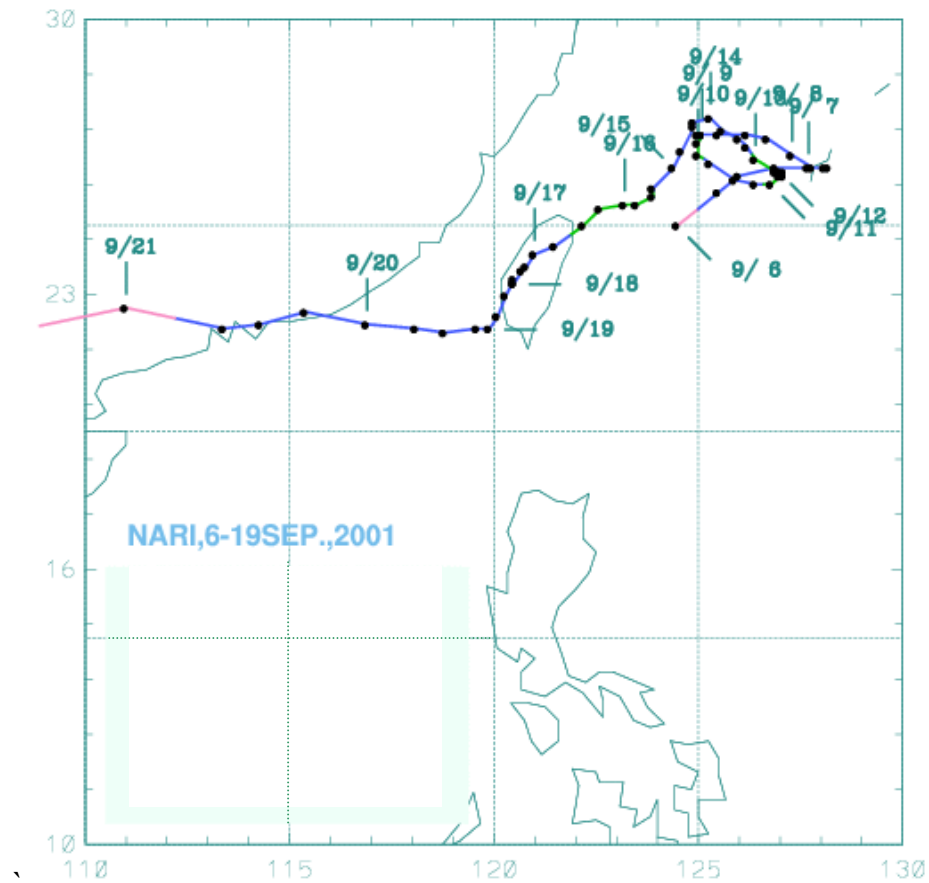


圖 3. 納莉颱風路徑圖

Figure 3. Route of Nari typhoon.

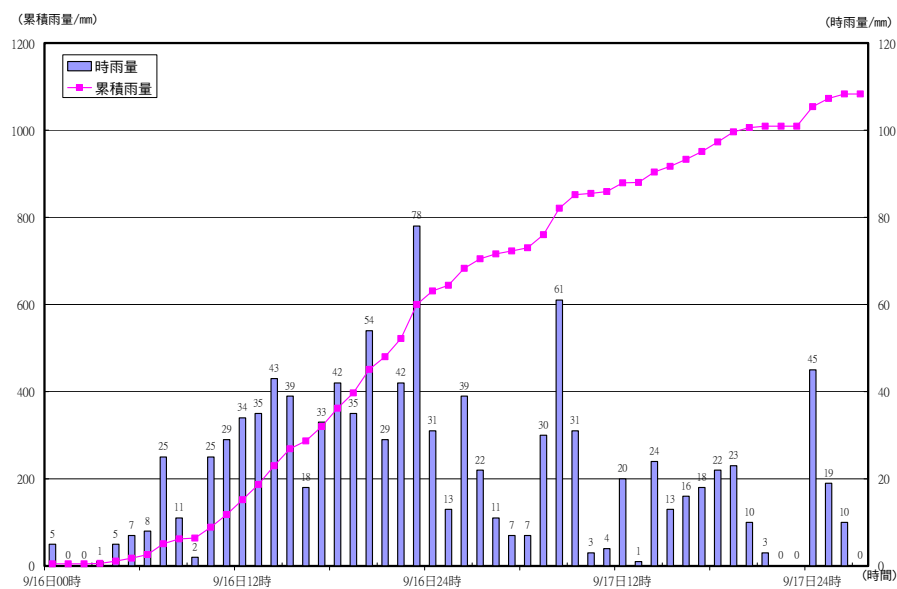


圖 4. 納莉颱風竹子湖氣象站逐時雨量圖

Figure 4. Hourly distribution during typhoon Nari at Jhuzihhu climate station.

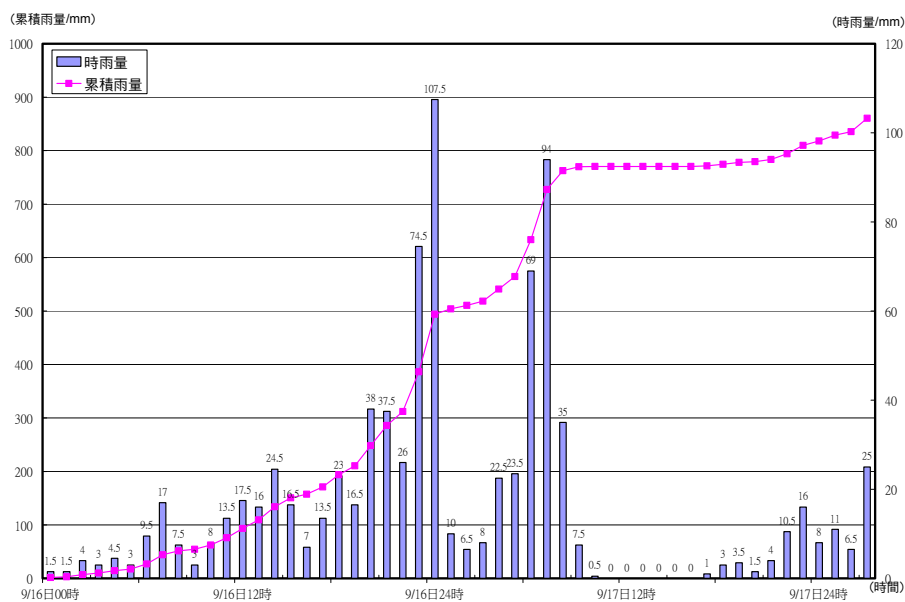


圖 5. 納莉颱風內湖氣象站逐時雨量圖

Figure 5. Hourly distribution during typhoon Nari at Nei-Hu rainfall climate station.

#### (六)降雨強度分析

本計畫區係位於山邊接平地，整治區域部分範圍屬於山坡地，部分係屬都市計畫內之住宅區，降雨強度分析採用山坡地適用之台北市水土保持手冊公式、市政府工務局公式、水土保持技術規範之無因次公式、水利處降雨強度延時公式及中央氣象局 Horner 公式，分別檢討。

設計重現期距按水土保持技術規範第 195 條之規定，坡地排水系統之設計排水洪量，依二十五年一次頻率之降雨強度計算。排水應以 25 年頻率計算降雨強度值，整流工程之洪水量估算，依據水土保持技術規範第 247 條規定，採 50 年一次頻率降雨強度為原則，以下即以各摘錄計算公式各頻率年的雨量強度。

- (1) 台北市水土保持手冊：降雨強度-延時公式(Horner 公式 25 年頻率)

台北：

$$I_{25} = \frac{1854.77}{(t + 25.916)^{0.682}} \text{ mm / hr}$$

- (2) 台北市政府工務局(20 年頻率)

$$\text{暴雨：} I_{20} = \frac{363.7}{t^{0.327}}$$

$$\text{颱風雨：} I_{20} = \frac{2277}{t^{0.294}}$$

- (3) 水土保持技術規範(25 年頻率)

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t + B)^c}$$

$$I_{60}^{25} = \left( \frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2$$

$$A = \left( \frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2$$

$$B = 55$$

$$C = \left( \frac{P}{-381.71 + 1.45P} \right)^2$$

$$G = \left( \frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2$$

$$H = \left( \frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2$$

式中 T：重現期距(年)。

t：降雨延時或集流時間(分)。

P：年平均降雨量(公釐)。

A、B、C、G、H：係數。

- (4) 水利處降雨強度延時公式

25 年頻率：

$$I_{25} = \frac{2311.7}{(t + 39)^{0.69883}} \text{ mm / hr}$$

50 年頻率：

$$I_{50} = \frac{3557.5}{(t + 59)^{0.7394}} \text{ mm / hr}$$

- (5) 中央氣象局 Horner 公式

25 年頻率：

$$I_{25} = \frac{2104.1}{(t + 28)^{0.69609}} \text{ mm / hr}$$

50 年頻率：

$$I_{50} = \frac{2043.3}{(t + 28)^{0.67373}} \text{ mm / hr}$$

計畫區域受台北站與竹子湖站控制，無因式公式以年雨量為主要參數，因此以兩站之平均年雨量  $P=3338.6 \text{ mm}$  代入無因次公式，得計畫區域之無因次單位歷線公式之 A、B、C、G、H 等係數，由上述公式計算所得如下：

$$A=15.61023$$

$$B=55$$

$$C=0.560536$$

$$G=0.554558$$

$$H=0.303083$$

台北地區：

$$I_t^{25} = \frac{1480.08}{(t + 55)^{0.560636}} \text{ mm/hr}$$

$$I_t^{50} = \frac{1618.121}{(t + 55)^{0.560536}} \text{ mm/hr}$$

#### (七)集流時間推估

依據水土保持技術規範第 27 條所述集流時間係指逕流自集水區最遠點流至排水出口所需之時間，一般為流入時間與流下時間之和，其計算公式如下：

$$t_c = t_0 + t'$$

$$t_0 = l/v$$

$$t' = L / W$$

式中

$t_c$ =集流時間

$t_0$ =流入時間(雨水經地表面由集水區邊界流至河道時間)

$$t_0 = l/v$$

$v$ ：為漫地流流速(一般採用 0.3~0.6m/sec)

$l$ ：為坡面長度

$t'$ =流下時間(雨水流經河道由上游至下游所需時間，秒)

流下速度之估算，於人工整治後之規則河段，應根據各河斷面、坡度、粗糙係數、洪峰流量之大小，依曼寧公式計算；天然河段可採用下列芮哈(Rziha)經驗公式估算：

$$t' = L / W, \text{ 其中}$$

$$W = 20(H/L)^{0.6}$$

式中， $t'$ ：集流時間(分鐘)。

$W$ ：流下速度(公尺/每秒)。

$H$ ：溪流縱斷面高差(公尺)。

$L$ ：溪流長度(公尺)。

各控制點集流時間計算如表 2。

#### (八)逕流量推估

根據整治工程的配置情形，選定 2 個控制點，分別為仰德大道二段二巷及整治工程末端進入下水道系統前，量測各控制點的集水區面積，再根據前節計算的各頻率年降雨

強度公式、逕流係數及集流時間，採用合理化公式分別計算各控制點之逕流量，合理化公式之式如下：

式中

$Q$ =洪峰流量(cms)

$C$ =逕流係數

$I$ =降雨強度(mm/hr)

$A$ =集流面積(ha)

經採用合理化公式計算之各控制點分區逕流量如表 3。

本計畫區係位於山邊接平地，計畫區域部分範圍屬於山坡地，部分係屬都市計畫內之保護區內舊有住宅區及住宅區，降雨強度分析與逕流量推估採用山坡地適用之水土保持技術規範為主。

### 三、土石災害發生原因探討

根據現場調查成果，調查區域僅於仰德大道二段二巷五十號原台北市自來水公司淨水廠下方邊坡發生擋土牆塌滑至坡腳排水溝，長度約 40 公尺，山溝右岸產業道路下邊坡土石崩落長約 10 公尺，推估成因均為暴雨造成土壤強度降低，不足以維持原有邊坡，加以逕流直接沖蝕，造成滑動破壞，如圖 6。

自來水公司淨水廠下方邊坡已由省自來水公司修復完成，底層設置懸臂式擋土牆，上層施作加勁式擋土牆。另側道路邊坡亦已修復，設置鋼筋混凝土擋土牆。如圖 7、8。

本山溝在仰德大道二段二巷後，為開放明溝段，溝內徑約 1.5~2.5m，部分溝內面有設內面砌石或 RC 保護工，部分未設保護工，有設內面工處部分溝面破損，部分因左岸高於右岸而有淘刷而致部分滑落情形。坑溝並刷深擴大如圖 9。在山溝通過台地邊緣急下降部分，推估因前段崩塌造成土石混合逕流往下，造成巨大沖擊力，而致刷深原有山溝，刷深最大達 1.5m，部分原有排水溝底並刷深破壞，如圖 10。

表 2 各控制點集流時間之計算

Table 2. Estimated values of time of concentration at two control locations of the YangDe creek.

|                               | 流入時間                                                                                | 流下時間                                                                                                                                                                                                                                                 | 集流時間                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 控制點(1)<br>仰德大道二段二巷側<br>溝出口    | 坡面<br>$l=60.0\text{m}$<br>$v=0.5\text{m/sec}$<br>$t_0=60.0/0.5$<br>$=120\text{sec}$ | 河道<br>$L=1302.1\text{m}$<br>$H=100.0\text{m}$<br>$W=20(100.0/1302.1)^{0.6}$<br>$=4.29\text{m/sec}$<br>$t'=1302.1/4.29$<br>$=303.67\text{sec}$                                                                                                        | $t_c=120+303.67\text{sec}$<br>$=423.67\text{sec}$<br>$=7.06\text{min}$ |
| 控制點(2)<br>至善路二段二十五巷<br>尾下水道入口 | 坡面<br>同上                                                                            | 河道<br>(1) $L=385.6\text{m}$<br>$H=30\text{m}$<br>$S=0.078$<br>$V=8.63\text{m/sec}$ $t'_1=385.6/8.63$<br>$=48.68\text{sec}$<br>(2) $L=130.8\text{m}$<br>$H=45\text{m}$<br>$S=0.3440$<br>$V=14.59\text{m/sec}$ $t'_2=130.8/14.59$<br>$=8.97\text{sec}$ | $t_c=423.67+48.68+8.97$<br>$=481.32\text{sec}$<br>$=8.02\text{min}$    |

表 3. 各控制點的洪峰流量推估表

Table 3. Estimated peak flows at two control locations of the YangDe creek.

| 控制點                           | 集水區面積   | 集流時間<br>(min) | 公式別   | 降雨強度    |        | 洪峰流量(cms) |       |
|-------------------------------|---------|---------------|-------|---------|--------|-----------|-------|
|                               | 逕流係數    |               |       | 25 年    | 50 年   | 25 年      | 50 年  |
| 控制點(1)<br>仰德大道二段二巷<br>側溝出口    | 28.5005 | 7.06          | 技術規範  | 136.170 | 149.10 | 7.01      | 7.67  |
|                               | 0.65    |               | 中央氣象局 | 176.90  | 186.01 | 9.10      | 9.57  |
|                               |         |               | 水保手冊  | 170.95  | 151.50 | 8.80      | 7.80  |
|                               |         |               | 水利處   | 159.05  | 160.50 | 8.18      | 5.26  |
| 控制點(2)<br>至善路二段二十五<br>巷尾下水道入口 | 38.9981 | 8.02          | 技術規範  | 134.83  | 147.64 | 9.49      | 10.40 |
|                               | 0.65    |               | 中央氣象局 | 173.61  | 182.66 | 12.22     | 12.86 |
|                               |         |               | 水保手冊  | 167.64  | 150.22 | 11.80     | 10.58 |
|                               |         |               | 水利處   | 156.78  | 158.80 | 11.04     | 11.18 |



圖 6. 主要崩塌地位置圖

Figure 6. Location map of the major landslide site.

根據現地調查，本坑溝保全對象有仰德大道二段二巷五十號上邊坡約 5 戶住宅，山溝底至善路二段二十五巷約 30 戶住宅，百餘位居民以及下游的下水道系統。根據現場踏勘結果，由於本山溝排水混夾上游崩塌土石及垃圾，嚴重阻塞於下水道口，並造成溢流，而於至善路二十五巷溢流，土砂漫流至至善路二段。

#### 四、整治工程規劃設計

整治區域坑溝坡腳為至善路二段二十五巷，為人口密集住宅區，本坑溝下游直接連接住宅社區，其間並無足夠的緩衝帶，又無適當的通路進入，因此，若在上游發生土石

崩塌，將直接衝擊坡腳住宅。因此，整治工程規劃方案首要考量前述環境特定，擬定合理經濟可行的方案，經分析檢討後，再擬定工程計畫。地區居民的意見在復建工程的擬定過程中是很重要的參考依據。

根據調查此工程保全對象為至善路二段二十五巷近三十戶房屋及一百餘位居民，至善路二段道路及下水道系統。

根據現地調查成果，本坑溝中段即為仰德大道二段二弄以下，坑溝左岸較高，且有農作使用，在雙溪淨水廠仍使用時，左岸住戶排水即往本坑溝排放，造成邊坡土壤長期潮濕，風化程度亦較大，在仰德大道二段二巷 50 號下方原設有砌石擋土牆，在納莉風災來臨，因雨量過大，致土壤飽水後強度降低，且因流量大量，坡腳遭沖蝕刷深，而致原有擋土牆損壞滑落，進而阻塞水流，崩塌土石沿坑溝向下加速滑動後，再造成坑溝刷深加寬，阻塞下水道前之進水口，而致土石溢流成災。配合調查成果擬定基本配置方案，配置圖如圖 11。整治範圍自中游段開始至下游段銜接進入下水道系統。

中游段受土石流沖刷影響，部分排水溝刷深、刷寬，溝壁破損嚴重，因此，配置排水溝整治，以穩定坑溝，減少兩岸坡腳因失去支持力發生崩塌。另外在設計排水溝型式時，考量上游居民使用過之廢水排入造成坑溝附近漂散不好之氣味，故於此段設計開口式及封底式交錯排列之排水溝，讓廢水經過自然的生物淨化來減少臭味。另外，為了穩固邊坡土石在淨水場下方設置一節制壩，如圖 14。

下游段因坡度較陡，多為沖蝕後形成之巨石堆，另外需配合坑溝之用地問題，故設計採用噴漿排水溝，並於溝底設置底檻減緩流速，以減少水流之沖擊力，流末於銜接進入下水道系統前設置攔網，以防止雜物進入

下水道系統。

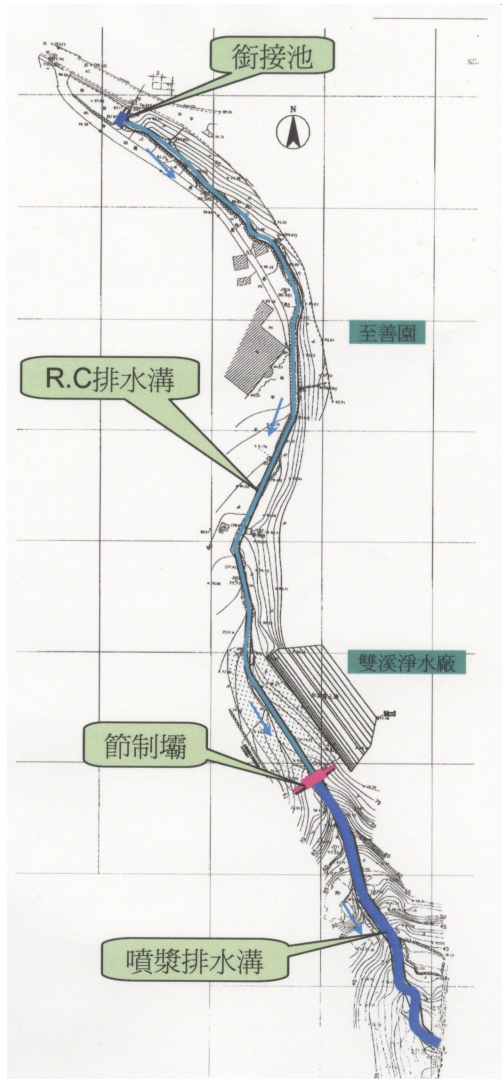


圖 11. 工程配置圖

Figure 11. Location map of river engineering structures.

坑溝中游段早年遭棄置垃圾，經沖刷後部分已出露，造成環境污染，又自來水事業處興建擋土牆後，坡腳位置僅設置直播草種植生，為了回復原有林相，因此，擬於原坡面加設栽植林木，以及早回復原始林貌。

## 五、綜合討論

- (1) 在設計時顧慮到原有坑溝之斷面不足且多處毀損，依據水文水理分析設計一容量足夠之排水斷面，另外上游排出之廢水產生惡臭，則以生態淨化的概念，設計開口式及封底式交錯排列之排水溝（詳圖 15），讓水質經過生物處理不至產生惡臭及污染。
- (2) 由於溪溝兩旁為私有土地，且災害發生後現地充滿堅硬之岩塊（詳圖 16）開挖施作困難，故設計施工方便及易配合地形之噴漿排水溝。（詳圖 17）
- (3) 過去未發生土石流的區域或未被列為土石流危險區，如在上游發生崩塌加上足夠逕流量情況下，亦有可能發生嚴重的災害，因此仍應定期檢視集水區並針對危險坡面做紀錄，可做為在避災、減災規劃時的參考。

## 六、結論

針對台北市仰德大道二段二巷五十號下方野溪邊坡面崩塌，大量土石沿溪溝流下，造成下游住宅及至善路之土石災害，在考量當地居民意見及現況環境下，施作一般混凝土排水溝、開口式及封底式交錯排列之排水溝、節制壩、噴漿排水溝等災害消滅措施，本研究提出設計及施工時之考量，可提供今後類似工程之參考。



圖 7. 邊坡崩塌後現地施工現場  
Figure 7. Repair work for slope failed.



圖 8. 修復後坡腳無排水路並裸露  
Figure 8. Repaired hill slope without proper drainage and vegetation cover.



圖 9. 山溝刷深加寬  
Figure 9. Deepen and widen channel by gully erosion.



圖 10. 排水溝破損  
Figure 10. broken drainage.

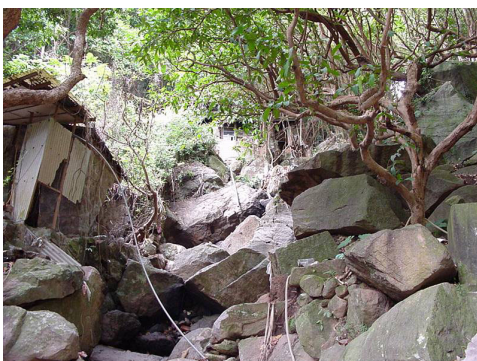


圖 12. 土石流破壞民房  
Figure 12. House damaged by debris flow.

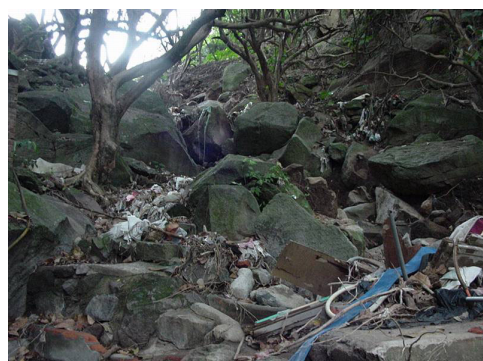


圖 13. 上游山溝沖刷下來之垃圾  
Figure 13. Garbage washed down from upper valley.



圖 14. 開口式及封底式交錯排列之溝水溝  
Figure 14. Checking the newly constructed drainage structure.



圖 15. 噴漿排水溝  
Figure 15. Concrete drainage channel.



圖 16. 節制壩  
Figure 16. Check dam.



圖 17. 土石流後現地堆滿堅硬塊石  
Figure 17. Rocks at the debris flow site.

## 謝誌

本研究部份承蒙 魏新洵水土保持技師事務所技師魏新洵及各位同仁協助提供相關資料，特此申謝。

## 參考文獻

1. 行政院公共工程委員會 (2002) 土石流及崩場地整體治理對策之研擬及既有治措施之效益檢討。
2. 陳信雄 (1992) 地滑與山崩，水庫集水區經營研討會論文集，P.7-1~7-15。
3. 黃俊德 (1978) 台灣降雨沖蝕指數之研究 (四) 台灣北部之降雨沖蝕指數。中華水土保持學報 9 (1)：67-74。
4. 黃俊德 (1979) 台灣降雨沖蝕指數之研究，中華水土保持學報，10 (1)：27-144。
5. 覃嘉忠 (1991) 水與集水區的行政管理，水與土通訊第 8 期，P.1~4，行政院農業委員會。
6. 萬鑫森、黃俊義 (1989) 台灣坡地土壤沖蝕，中華水土保持學報，20 (1)：17-45。

水土保持學報 37(2)：169-182 (2005)

Journal of Soil and Water Conservation, 37(2)：169-182 (2005)

7. 詹錢登 (2004) 豪雨造成的土石流，科學發展，P.14~23。
  8. 鄭皆達 (1998) 集水區保育與經營問題探討，第四屆海峽兩岸水利科技交流研討會論文集。
  9. 鄭皆達 (1994) 台灣水資源永續經營與集水區保育的一些相關問題與對策之探討，第五屆環境與決策研討會論文集，P.453~467。
  10. 鄭皆達 (1990) 以災害防治及永續發展為導向的台灣集水區經營，台灣水土保持第32期。
  11. 謝金德 (1999) 土石流防治工法，第二屆土石流研討會論文集，P.328~346。
  12. Brooks Keeneth N. (1996) Watershed Management Project Planning Monitoring and Elation，中華水土保持學報，28(3)：87-96。
  13. Brooks Keeneth N. (1997) Integrated Watershed Management Research，中華水土保持學報，29(3)：196-219。
  14. Fiebiger (1997) The Master-Planning of Debris Flow Countermeasures，1997年中日奧土砂災害防治研討會論文集，P.1-6-1~1-6-35。
  15. Mulder, P., Jeroen, C. J. M., & Van, D. B. (2001). Evolutionary Economic Theories of Sustainable Development. Growth & Change, 32(1)：110-134.
  16. Weihrich H. (1982) The TOWS Matrix – A Tool for Situational Analysis, Long Range Planning, Vol.15, No.2, pp.54-60。
  17. Wischmeier, W.H and D.D Smith (1978) Predicting rainfall erosion losses, Agricultural Handbook 537, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- 
- 93 年 04 月 16 日 收稿  
93 年 05 月 13 日 修改  
93 年 05 月 20 日 接受