

101-42-7614  
MOTC-IOT-100-H1DA008

# 莫拉克颱風造成橋梁損壞之探討



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

101-42-7614  
MOTC-IOT-100-H1DA008

# 莫拉克颱風造成橋梁損壞之探討

著者：邱永芳、謝明志、林雅雯、黃進國、羅冠顯  
蔡明邑、陳家隆、袁瑜鎡、汪書瑜、郭庭鳴

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

莫拉克颱風造成橋梁損壞之探討/邱永芳等著.

--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 101.04

面 ； 公分

ISBN 978-986-03-1982-8 (平裝)

1. 水災 2. 風災 3. 橋樑 4. 防災工程

548.314

101004162

莫拉克颱風造成橋梁損壞之探討

著 者：邱永芳、謝明志、林雅雯、黃進國、羅冠顯、蔡明邑、陳家隆、  
袁瑜鎡、汪書瑜、郭庭鳴

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 台北市敦化北路 240 號

網 址：[www.ihmt.gov.tw](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 101 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數： 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 台北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010100422

ISBN：978-986-03-1982-8 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部  
運輸研究所書面授權。

莫拉克颱風造成橋梁損壞之探討

交通部運輸研究所

GPN: 1010100422

定價 200 元



## 交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                           |                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 出版品名稱：莫拉克颱風造成橋梁損壞之探討                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                           |                                                              |
| 國際標準書號(或叢刊號)<br>ISBN978-986-03-1982-8<br>(平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 政府出版品統一編號<br>1010100422 | 運輸研究所出版品編號<br>101-42-7614 | 計畫編號<br>100-H1DA008                                          |
| 主辦單位：港灣技術研究中心<br>主管：邱永芳<br>計畫主持人：邱永芳<br>研究人員：林雅雯、謝明志<br>聯絡電話：04-26587197<br>傳真號碼：04-26564418                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                           | 研究期間<br><br>自 100 年 1 月<br><br>至 100 年 12 月                  |
| 關鍵詞：莫拉克颱風、橋梁損壞                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                           |                                                              |
| 摘要：<br><br><p>雖然莫拉克為中度颱風，但所引發降雨量卻為歷年之最，且超過 2000 年重現期降雨量。使得流域發生山崩、土石流，形成河道變形，促使多處橋梁及道路損毀。本文針對莫拉克颱風帶來之異常水量造成高屏溪河系上跨河橋梁破壞原因之相關性探討。主要討論之災損因子包括雨量、堰塞湖、崩塌地、河川蜿蜒性、地形與坡度等。由調查資料顯示災損橋梁主要集中在高程 300 公尺至 700 公尺。橋梁高程在 300 公尺與 100 公尺約為災損主要原因之分界點，在高程 300 公尺以上橋梁多為高複合性因素損壞，而高程 300 至 100 公尺間多為低複合性因素損壞，高程 100 公尺以下的橋梁則為沖刷破壞。</p>                                                                                                |                         |                           |                                                              |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 頁數                      | 定價                        | 本出版品取得方式                                                     |
| 101 年 4 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 190                     | 200                       | 凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。 |
| 機密等級：<br><input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密<br>（解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密，<br><input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密）<br><input checked="" type="checkbox"/> 普通 |                         |                           |                                                              |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                           |                                                              |

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS**  
**INSTITUTE OF TRANSPORTATION**  
**MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TITLE: Survey of damaged bridges caused by Typhoon Morakot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| ISBN(OR ISSN)<br>ISBN978-986-03-1982-8<br>(平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1010100422 | IOT SERIAL NUMBER<br>101-42-7614 | PROJECT NUMBER<br>100-H1DA008                                                                                                                                                                                          |
| DIVISION: Harbor and Marine Technology Center<br>DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ming-Jyh Hsieh<br>PROJECT STAFF: Ya-Wen Lin<br>PHONE: 04-26587197<br>FAX: 04-26564418                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                              |                                  | PROJECT PERIOD<br><br>FROM January 2011<br>TO December 2011                                                                                                                                                            |
| KEY WORDS: Typhoon Morakot, Bridges damage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| ABSTRACT:<br><br><p style="margin-top: 20px;">Although Morakot is a moderate typhoon. It brought the maximum rainfall over the 2000 years return period. The large-scale landslide, mudflows and deformation of the river happened; they are caused a lot of bridges and roads broken at river basin. This paper focus on discussion relevance of damaged reasons of river-crossing bridges at Kaoping Basin with abnormal flood carried by Typhoon Morakot. The rainfall, quake lake, landslide, river sinuosity index, topography and slope are the main factors of the disaster, which discussed. From the investigated data, it shows that the damaged bridges were concentrated between elevation 300 meters and elevation 700 meters. The elevation 300 and 100 meters are the demarcation point of disaster reasons. Firstly, the disaster reasons of the over elevation 300m are highly complex factors. Then, the lower complex factors are between elevation 300 meters and 100 meters. Finally, the scouring problem happened under elevation 100 meters only</p> |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| DATE OF PUBLICATION<br><br>April 2012                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | NUMBER OF PAGES<br><br>190                   | PRICE<br><br>200                 | CLASSIFICATION<br><input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL<br><input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET<br><input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |

# 莫拉克颱風造成橋梁損壞之探討

## 目 錄

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 中文摘要.....                      | I    |
| 英文摘要.....                      | II   |
| 目錄.....                        | III  |
| 圖目錄.....                       | V    |
| 表目錄.....                       | IX   |
| 第一章 緒論.....                    | 1-1  |
| 第二章 高屏溪水系概況 .....              | 2-1  |
| 2.1 高屏溪水系概述 .....              | 2-1  |
| 2.2 高屏溪水系損壞橋梁統計 .....          | 2-4  |
| 第三章 橋梁損壞之影響因素 .....            | 3-1  |
| 3.1 降雨歷程 .....                 | 3-1  |
| 3.2 流量與水位 .....                | 3-11 |
| 3.3 高屏溪河系各式災害 .....            | 3-17 |
| 3.4 河道蜿蜒性 .....                | 3-38 |
| 3.5 河道坡度與高程 .....              | 3-47 |
| 第四章 損壞橋梁之災因探討與分析 .....         | 4-1  |
| 4.1 荖濃溪高程七百公尺以上損壞的橋梁 .....     | 4-2  |
| 4.2 荖濃溪高程三百公尺至七百公尺間損壞的橋梁 ..... | 4-8  |
| 4.3 荖濃溪高程一百公尺至三百公尺間損壞的橋梁 ..... | 4-35 |

|                      |                             |      |
|----------------------|-----------------------------|------|
| 4.4                  | 旗山溪高程三百公尺至七百公尺間損壞的橋梁 .....  | 4-42 |
| 4.5                  | 旗山溪高程一百公尺至三百公尺間損壞的橋梁 .....  | 4-66 |
| 4.6                  | 旗山溪高程一百公尺以下損壞的橋梁 .....      | 4-70 |
| 4.7                  | 濁口溪高程一百公尺至三百公尺之間損壞的橋梁 ..... | 4-75 |
| 4.8                  | 隘寮北溪與高屏溪損壞的橋梁 .....         | 4-79 |
| 第五章 橋梁損壞成因分析統計 ..... |                             | 5-1  |
| 第六章 結論.....          |                             | 6-1  |
| 參考文獻.....            |                             | 參-1  |

## 圖目錄

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 圖 2.1 高屏溪水系分布圖 .....               | 2-1  |
| 圖 2.2 荖濃溪河道斷面示意圖 .....             | 2-3  |
| 圖 2.3 旗山溪河道斷面示意圖 .....             | 2-3  |
| 圖 2.4 高屏河系受損橋梁位置圖 .....            | 2-14 |
| 圖 2.5 高屏溪河系損壞橋梁高程與橋長關係圖 .....      | 2-15 |
| 圖 2.6 受損橋梁高程分佈圖 .....              | 2-15 |
| 圖 2.7 受損橋梁橋長分布圖 .....              | 2-16 |
| 圖 3.1.1 莫拉克颱風路徑圖 .....             | 3-2  |
| 圖 3.1.2 莫拉克颱風期間總雨量分布 .....         | 3-5  |
| 圖 3.1.3 旗山溪沿線雨量站六日累積雨量圖 .....      | 3-8  |
| 圖 3.1.4 荖濃溪沿線雨量站六日累積雨量圖 .....      | 3-8  |
| 圖 3.1.5 高屏溪流域各雨量站六日累積雨量圖 .....     | 3-9  |
| 圖 3.1.6 各雨量站高程與兩日累積雨量關係圖 .....     | 3-10 |
| 圖 3.1.7 各雨量站高程與兩日累積雨量關係圖 .....     | 3-10 |
| 圖 3.2.1 莫拉克颱風高屏溪流域各河段洪峰流量推估值 ..... | 3-13 |
| 圖 3.2.2 高屏溪河系時序列水位變化紀錄 .....       | 3-14 |
| 圖 3.2.3 高屏溪流域各水位站歷時曲線 .....        | 3-16 |
| 圖 3.3.1 荖濃溪堰塞湖與鄰近橋梁空間關係位置圖 .....   | 3-19 |
| 圖 3.3.2 旗山溪堰塞湖與鄰近橋梁空間關係位置圖 .....   | 3-20 |
| 圖 3.3.3 荖濃溪各土石災害與損壞橋梁相關位置圖 .....   | 3-24 |
| 圖 3.3.4 旗山溪各土石災害與損壞橋梁相關位置圖 .....   | 3-24 |

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| 圖 3.3.5 土石災害與土石流潛勢溪流相關位置 .....                    | 3-30 |
| 圖 3.3.6 荖濃溪高潛勢土石溪流與鄰近橋梁相關位置圖 .....                | 3-31 |
| 圖 3.3.7 旗山溪高潛勢土石溪流與鄰近橋梁相關位置圖 .....                | 3-31 |
| 圖 3.3.8 各土石災害發生時兩日累積雨量圖 .....                     | 3-32 |
| 圖 3.3.9 各土石災害發生時兩日平均降雨強度圖 .....                   | 3-33 |
| 圖 3.3.10 .....各土石災害發生時兩日累積雨量與兩日平均降雨強度之<br>關係..... | 3-33 |
| 圖 3.3.11 一般橋梁平時通水斷面 .....                         | 3-36 |
| 圖 3.3.12 水位溢淹時通水斷面狀態 .....                        | 3-37 |
| 圖 3.3.13 土石流低於橋面板時斷面狀態 .....                      | 3-37 |
| 圖 3.3.14 橋梁受水上浮力與土石流同時作用斷面狀態 .....                | 3-37 |
| 圖 3.4.1 彎道幾何示意圖 .....                             | 3-39 |
| 圖 3.4.2 河道演變一般模式 .....                            | 3-40 |
| 圖 3.4.3 河道上不同流量的流心剖面 .....                        | 3-41 |
| 圖 3.4.4 河道蜿蜒有關定意圖 .....                           | 3-41 |
| 圖 3.4.5 六龜大橋與大津橋河道蜿蜒半徑示意圖 .....                   | 3-42 |
| 圖 3.4.6 高屏河系主河道蜿蜒性 .....                          | 3-43 |
| 圖 3.4.7 高屏溪流域各橋梁高程與河道蜿蜒度關係圖 .....                 | 3-45 |
| 圖 3.4.8 損壞與未損壞橋梁河道蜿蜒度分布圖 .....                    | 3-45 |
| 圖 3.4.9 損壞橋梁河道蜿蜒度分布圖 .....                        | 3-46 |
| 圖 3.4.10 未損壞橋梁河道蜿蜒度分布圖 .....                      | 3-46 |
| 圖 3.5.1 民國 93 年與莫拉克颱風地形河川淤積情形 .....               | 3-48 |
| 圖 3.5.2 高屏溪整體坡度變化圖 .....                          | 3-50 |

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| 圖 3.5.3 颱風前後橋梁所在位置之坡度 .....                     | 3-51 |
| 圖 3.5.4 颱風前後橋梁所在位置坡度變化 .....                    | 3-51 |
| 圖 3.5.5 各橋梁高程與土方淤積高度圖 .....                     | 3-53 |
| 圖 3.5.6 各橋梁高程與土方增加圖 .....                       | 3-53 |
| 圖 3.5.7 ..荖濃溪各損壞橋梁與堰塞湖、土石災害、土石流潛勢溪流位<br>置圖..... | 3-55 |
| 圖 3.5.8 ..旗山溪各損壞橋梁與堰塞湖、土石災害、土石流潛勢溪流位<br>置圖..... | 3-55 |
| 圖 5.1 各橋梁高程與災損原因分布圖 .....                       | 5-12 |

## 表目錄

|                                               |      |
|-----------------------------------------------|------|
| 表 2.1 荖濃溪 27 座損壞橋梁一覽表 .....                   | 2-5  |
| 表 2.2 旗山溪 21 座損壞橋梁一覽表 .....                   | 2-7  |
| 表 2.3 濁口溪、隘寮北溪與高屏溪損壞橋梁一覽表 .....               | 2-8  |
| 表 2.4 莫拉克風災造成橋梁損壞之相關研究報告災況及災因 .....           | 2-9  |
| 表 3.1.1 莫拉克颱風 8 月 5 至 10 日總累積雨量前 10 名排序 ..... | 3-3  |
| 表 3.1.2 莫拉克颱風期間最大累積雨量歷史排名比較 .....             | 3-3  |
| 表 3.1.3 旗山、荖濃河系年平均雨量比較 .....                  | 3-6  |
| 表 3.1.4 旗山、荖濃河系雨量站雨量資料署 .....                 | 3-7  |
| 表 3.2.1 莫拉克颱風各流域各控制站洪峰流量分析比較表 .....           | 3-12 |
| 表 3.3.1 莫拉克期間高屏地區堰塞湖狀況 .....                  | 3-20 |
| 表 3.3.2 土石災害資料表 .....                         | 3-22 |
| 表 3.3.3 土石潛勢溪流資料表 .....                       | 3-25 |
| 表 3.3.4 距崩塌地、土石流與堰塞湖發生處 3 公里內橋梁關係表 ..         | 3-34 |
| 表 3.4.1 損壞橋梁河道蜿蜒度 .....                       | 3-44 |
| 表 3.5.1 莫拉克颱風前後斷面測量之平均高程變化與土方增加量 ..           | 3-48 |
| 表 3.5.2 堰塞湖與鄰近 1 公里內橋梁關係分析表 .....             | 3-54 |
| 表 4.1.1 武雄橋相關資料表 .....                        | 4-4  |
| 表 4.1.2 禮觀橋相關資料表 .....                        | 4-5  |
| 表 4.1.3 唯金溪橋相關資料表 .....                       | 4-6  |
| 表 4.1.4 榮光一橋相關資料表 .....                       | 4-7  |
| 表 4.2.1 復興橋相關資料表 .....                        | 4-10 |



|                            |      |
|----------------------------|------|
| 表 4.2.2 明德橋相關資料表 .....     | 4-11 |
| 表 4.2.3 勤和橋相關資料表 .....     | 4-13 |
| 表 4.2.4 東莊橋相關資料表 .....     | 4-14 |
| 表 4.2.5 撒啦阿塢橋相關資表料 .....   | 4-16 |
| 表 4.2.6 桃源一橋相關資料表 .....    | 4-17 |
| 表 4.2.7 勝境橋相關資料表 .....     | 4-19 |
| 表 4.2.8 萬年橋相關資料表 .....     | 4-20 |
| 表 4.2.9 塔拉拉魯芙溪橋相關資料表 ..... | 4-22 |
| 表 4.2.10 炳才橋相關資料表 .....    | 4-23 |
| 表 4.2.11 綠茂橋相關資料表.....     | 4-25 |
| 表 4.2.12 寶來二橋相關資料表 .....   | 4-26 |
| 表 4.2.13 建山二橋相關資料表 .....   | 4-28 |
| 表 4.2.14 建山一橋相關資料表 .....   | 4-29 |
| 表 4.2.15 新開橋相關資料表 .....    | 4-32 |
| 表 4.2.16 新寶橋相關資料表 .....    | 4-33 |
| 表 4.2.17 新發大橋相關資料表 .....   | 4-34 |
| 表 4.3.1 六龜大橋相關資料表 .....    | 4-36 |
| 表 4.3.2 三合橋相關資料表 .....     | 4-37 |
| 表 4.3.3 六龜四號橋相關資料表 .....   | 4-39 |
| 表 4.3.4 六龜三號橋相關資料表 .....   | 4-40 |
| 表 4.3.5 六津橋相關資料表 .....     | 4-41 |
| 表 4.4.1 達卡努娃橋相關資料表 .....   | 4-44 |
| 表 4.4.2 民生大橋相關資料表 .....    | 4-45 |

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 表 4.4.3 自強橋相關資料表 .....    | 4-47 |
| 表 4.4.4 月兒橋相關資料表 .....    | 4-48 |
| 表 4.4.5 民族橋相關資料表 .....    | 4-50 |
| 表 4.4.6 公園橋相關資料表 .....    | 4-51 |
| 表 4.4.7 第十五號橋相關資料表 .....  | 4-53 |
| 表 4.4.8 第十四號橋相關資料表 .....  | 4-54 |
| 表 4.4.9 第十二號橋相關資料表 .....  | 4-56 |
| 表 4.4.10 第十一號橋相關資料表 ..... | 4-57 |
| 表 4.4.11 民治橋相關資料表.....    | 4-59 |
| 表 4.4.12 慈林橋相關資料表 .....   | 4-60 |
| 表 4.4.13 第十號橋相關資料表 .....  | 4-63 |
| 表 4.4.14 第九號橋相關資料表 .....  | 4-64 |
| 表 4.4.15 第八號橋相關資料表 .....  | 4-65 |
| 表 4.5.1 楠梓仙溪橋相關資料表 .....  | 4-67 |
| 表 4.5.2 四德大橋相關資料表 .....   | 4-68 |
| 表 4.5.3 火山橋相關資料表 .....    | 4-69 |
| 表 4.6.1 旗尾橋相關資料表 .....    | 4-72 |
| 表 4.6.2 新旗尾橋相關資料表 .....   | 4-73 |
| 表 4.6.3 大洲大橋相關資料表 .....   | 4-74 |
| 表 4.7.1 多納橋相關資料表 .....    | 4-75 |
| 表 4.7.2 羅木斯橋相關資料表 .....   | 4-76 |
| 表 4.7.3 興農大橋相關資料表 .....   | 4-77 |
| 表 4.7.4 大津橋相關資料表 .....    | 4-78 |

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 表 4.8.1 第一號橋相關資料表 .....        | 4-80 |
| 表 4.8.2 雙園大橋相關資料表 .....        | 4-81 |
| 表 5.1 各損壞橋梁災損原因分析表 .....       | 5-2  |
| 表 5.2 各損壞橋梁與環境影響因子之位置關係表 ..... | 5-6  |

## 第一章 緒論

台灣本島位於亞洲大陸東側新褶曲帶上，中央山脈高聳於中、東部，山地面積廣大，山系主要為南北走向。海拔高於 1000 公尺以上面積，約佔全島 31.5 %、100 至 1000 公尺之丘陵台地約佔 31.3 %、100 公尺以下平原約 37.2 %，此一特殊地形分布，造成台灣河短流急之特殊現象，河道易受單一降雨事件之降雨強度影響，造成局部流速快、水流衝擊力大，颱風期間造成沖淤變化劇烈。考量台灣地形主要為高山、丘陵與平原，依 1/3 比例均分河川坡降約分成三種坡度，加上河川流量豐枯懸殊等環境特性，因此於探究跨河橋梁建造、設址與破壞問題時，除橋梁本身之結構與材料因素外，針對環境特性更需進一步探討其對跨河橋梁破壞之影響性。

98 年 8 月 7 日莫拉克(Morakot)颱風夜裡自花蓮登陸，8 月 8 日下午 2 點於桃園出海。雖為一中度颱風，但所引發而來的超級豪大雨，無論降雨量、降雨頻率以及洪水、流量等，皆為歷年之最，多數測站皆超過 2,000 年重現期降雨量、200 年重現期洪水流量，使得中南部地區，包括台南、嘉義、高雄、屏東及台東等地，皆造成大規模山崩、土石流與淹水等災害，總計災害死亡及失蹤人數超過 700 人，多處橋梁及道路損毀，農漁損失高達 200 億元。

超大雨量及洪水造成多處山崩、堰塞湖及土石流，在高屏溪上游跨河橋梁的安全受到嚴重危害，總計約 31 座橋梁損壞或沖毀，橋梁的損毀除造成人員意外傷亡外，亦造成交通的中斷，使得第一時間無法到達受災地區掌握災情，造成救災上的二次災害。災後龐大的修建、重建費用更是政府財政一大負擔。然而天災難以避免，因此如何從此次災損橋梁的損毀災因中對未來橋梁設址、建造，提供不同觀點與研究課題為本報告探討之重點。

近年氣候異常變化，極端、非常態雨量、洪水頻繁，對於橋梁安全與治理觀念上，已不單只是從結構上著手，或單從河川治理來處理，而必須考慮河系與橋梁間的交互影響，即是橋河需共治之概念。本報

告針對高屏溪河系發生的各項災害著手，輔以相關資料包括雨量、堰塞湖、崩塌地、河川蜿蜒性與坡度等影響，來說明環境因子對於橋梁建構物之影響與關聯性。最後本報告冀望能夠提出未來跨河橋梁建造、設址時之新建議，以及未來應關注之新研究課題。

因此本災因報告中，第一章為敘述本報告探討主題架構，並說明撰寫本報告之因由；第二章為說明高屏溪水系橋梁損壞位置之河川地形分布，其中以荖濃溪與旗山溪為主；第三章為此次莫拉克颱風造成橋梁損壞災因可能環境因素進行探討，如降雨歷時、流量、水位、堰塞湖、土石流、崩塌地、河道蜿蜒度、坡度、高程等因素；第四章針對此次莫拉克颱風期間毀損之橋梁敘述其基本資料，及探討各橋梁受損成因；第五章為歸納整理各橋梁災因，並將其分類說明各災害發生的空間相關性；第六章則綜合整理第五章整理的災因結果。

## 第二章 高屏溪水系概況

### 2.1 高屏溪水系概述

高屏溪流域發源地為玉山山脈玉山主峰(海拔高度為 3,952 公尺)，主要支流包含荖濃溪、旗山溪、隘寮溪、美濃溪、隘寮北溪、隘寮南溪、武洛溪與濁口溪，其流域面積為 325,685 平方公里，幹流長度為 171.0 公里，計畫洪水量為 24200 立方公尺/秒，平均坡度為 1:150，流經區域包含高雄市林園區、大寮區、大樹區、六龜區、內門區、甲仙區、茂林區、桃源區、那瑪夏區、杉林區、旗山區與美濃區等 12 個區及屏東縣新園鄉、萬丹鄉、九如鄉、里港鄉、鹽埔鄉、高樹鄉、三地門、瑪家、霧台等 9 個鄉。由於此次莫拉克颱風造成損壞的 54 座橋梁之中，有 27 座橋梁位於荖濃溪，21 座位於旗山溪，僅是此兩條溪流上損壞的橋梁數量就將近佔了總損壞橋梁數的 90%，因此此部分僅針對荖濃溪與旗山溪的河道地形進行說明。



圖 2.1 高屏溪水系分布圖【經濟部水利署】

## 一、荖濃溪

據經濟部(2007)「高屏溪水系荖濃溪上游段治理規劃報告」，指出荖濃溪位於台灣南部，為高屏溪的主流上游，河長 133 公里，流域面積 2,038 平方公里，分佈於高雄縣東部、屏東縣北部、台東縣西端一小部分及南投縣南端一小部分。荖濃溪源流區位於南投縣信義鄉南端，源頭位於玉山主峰東北坡，先向東北流，至八通關轉東南，匯集分別源自秀姑巒山西南坡及大水窟山西坡的支流後，轉向南南西進入高雄縣境，流經梅山、桃源、寶來、六龜，轉向南流至大津，納東側流入之濁口溪後，轉向西南流至里港，納東南方流入之隘寮溪，續流至嶺口與來自北方之旗山溪(楠梓仙溪)合流後，改稱高屏溪(如圖 2.1)。荖濃溪河床縱斷面坡降變化，大體上可界分為四個河段，第一段為本溪出口至隘寮溪合流處，河床平均坡降為 1：570；第二段為自隘寮溪合流點至東振村附近，河床平均坡降約 1：200；第三段自東振村附近至上游濁口溪合流點為止，平均坡降約 1:150；第四段自濁口溪合流點至東溪大橋為止，平均坡降約 1：145(詳見圖 2.2)。綜觀本溪之河床坡降縱斷面變化，以隘寮溪合流處為轉捩點，上游坡降甚急，變化少，幾乎成直線上升，東振村以上坡降較急，水勢兇猛，破壞力甚為巨大。

## 二、旗山溪

據經濟部(2007)「高屏溪水系旗山溪上游段治理基本計畫」，旗山溪又名楠梓仙溪，位於台灣南部，為高屏溪支流，主流河長 118 公里，流域面積 842 平方公里，分佈於嘉義縣東端及高雄縣東北半葉的西部。旗山溪為高屏溪主流(含荖濃溪)之外的最大支流，發源於玉山主峰西南坡，高程約 2,700 公尺處，向西南沿著高雄與嘉義兩縣交界流，至民生附近轉向南南西流入高雄縣境，經那瑪夏、甲仙、杉林、旗山，至嶺口與來自東方的荖濃溪合流後，改稱高屏溪。旗山溪上游河道蜿蜒曲折，坡陡流急，地形高度落差大，河床平均坡降約 1/142(如圖 2.3)。河段內，河道蜿蜒遷移不定，河性不穩，無固定主河道，主槽常隨單一颱風事件而變遷。另據經濟部水利署第七河川局(2009)「旗山溪月眉大橋現勘計畫說明」。民國 65 年至 85 年間之平均河床高，大部分河

床皆下降，以斷面 31(竹寮堤防)處下降 9.55 公尺為最大，平均河床高變化在-9.55 公尺至-1.14 公尺間。民國 82 年至 90 年間河床則處於沖淤互現狀況，平均河床高變化在-11.42 公尺至 6.28 公尺間，斷面 34 至 37 間為一嚴重河床下降區，下降量在 8 公尺以上，部分區域達 15 公尺左右。民國 90 年至 94 年間則亦呈現沖淤互現狀態，全河段(旗斷 1(溪口)至旗斷 43(月眉橋))之平均淤積高度約為 0.46 公尺。另者，杉林大橋、寶隆大橋與甲仙大橋等局部區域溪段之谿線高程呈現下降情形。

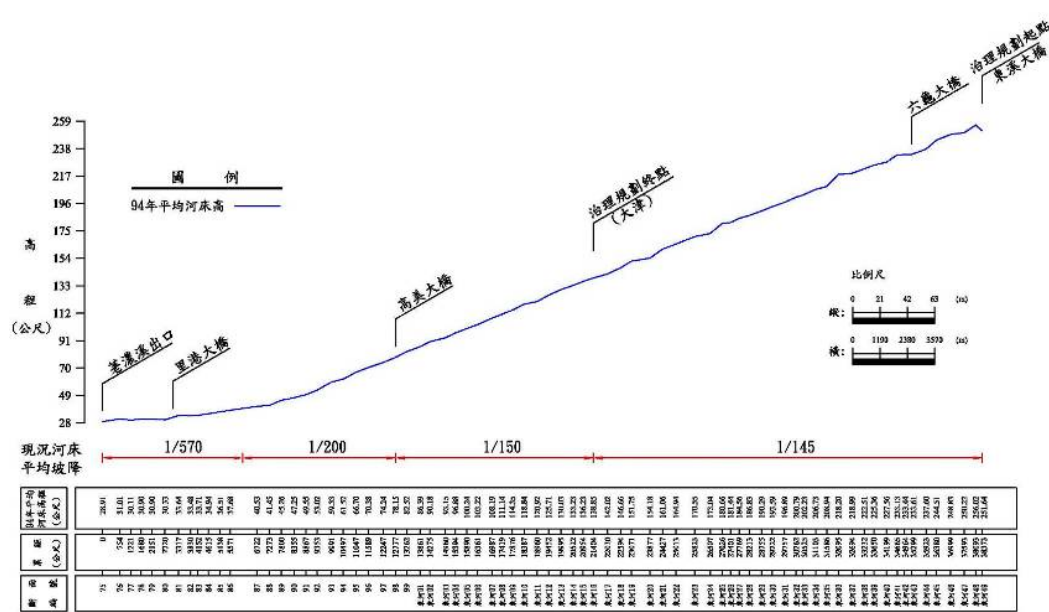


圖 2.2 荖濃溪河道斷面示意圖【經濟部水利署第七河川局】

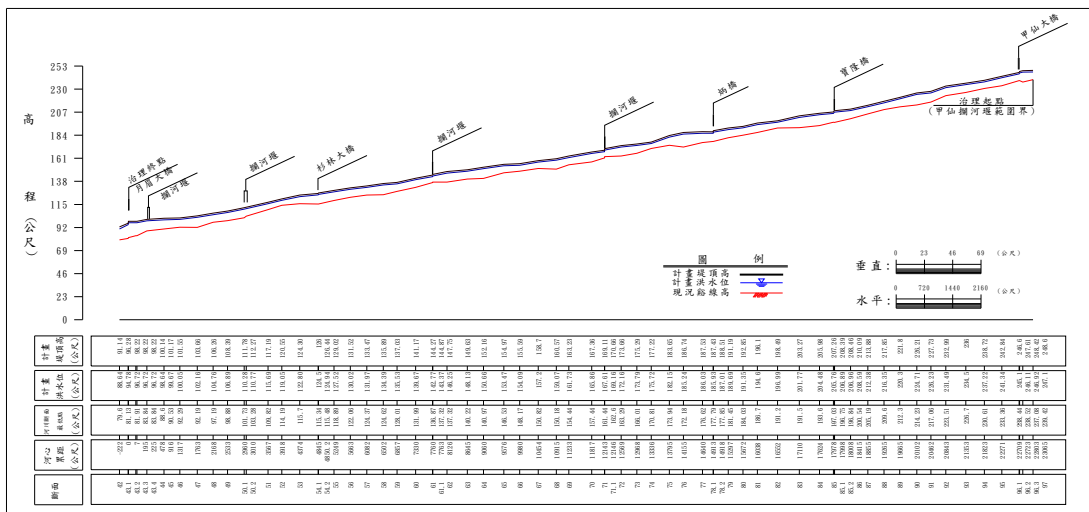


圖 2.3 旗山溪河道斷面示意圖【經濟部水利署第七河川局】



## 2.2 高屏溪水系損壞橋梁統計

高屏河系在本次莫拉克颱風侵襲下，山區道路、橋梁嚴重受損。台灣因高山聳立且邊坡陡峭，使河川具有湍急特性，當豪大雨造成的洪水流竄於狹窄河谷中，挾帶的大量土石流與漂流木破壞水中結構物，導致堤防崩塌、橋梁損毀、道路中斷，影響交通聯繫和人員傷亡。莫拉克帶來歷史最大雨量，短時間內降下至旗山溪、荖濃溪河系，累計雨量短時間內超過土石流警戒值(一般而言警戒雨量值約在 450 mm 至 650 mm)，造成邊坡滑動、高濃度土石洪水，道路橋梁損毀情況亦為歷史罕見。其中以高屏地區道路、跨河橋梁破壞最為嚴重，其中荖濃溪 27 座(見表 2.1)、旗山溪 21 座(見表 2.2)、濁口溪 4 座、隘寮北溪 1 座與高屏溪 1 座橋梁(見表 2.3)，損壞的橋梁共有 54 座，其分布位置如圖 2.4 所示。各破壞橋梁中上游處位於支流之橋梁幾乎無一倖存，其中以雙園大橋與六龜大橋破壞最為受到關注。本次破壞現象實為罕見，除少部分遭受洪水沖刷損毀外，其他主要因素包括：長延時與高降雨強度、土石流淤埋及撞擊、堰塞湖潰決、河道蜿蜒性加乘效果、漂流木掛淤及撞擊等。

綜觀旗山溪、荖濃溪破壞現象可發現，位於高程 300 公尺以上及支流處橋梁破壞現象多為高複合因素造成橋梁破壞，如強降雨、土石淤埋、土石流沖毀、河道蜿蜒度、崩落地、堰塞湖等交互作用影響，而高程 300 公尺以下至高程 100 公尺(旗山溪與荖濃溪匯流處)部分則為以土石流衝擊為主之低複合因素現象，而高程 100 公尺以下(旗山溪與荖濃溪匯流處以下)皆為過大洪水沖刷損毀。莫拉克颱風引起的致災因素有別於以往的破壞現象，分析上更為困難與複雜。表 2.4 為莫拉克颱風相關研究報告(交通部公路總局、交通部運輸研究所及財團法人中華顧問工程司出版)針對受損橋梁災況及災因之說明，表中取 22 座橋梁作為比對說明。探討 54 座受損橋梁高程與橋長關係(如圖 2.5)，由圖中顯示受損橋梁集中在高程 300 公尺至 700 公尺間，此高程區間損壞的橋梁有 32 座，約佔了損壞橋梁的 60 %(如圖 2.6)，且其間約 75 % 橋長在

50 公尺以內，全部 54 座受損橋梁中亦有 61 % 的橋長低於 50 公尺以下 (如圖 2.7)，由此可知早期基於經濟考量，在選擇橋梁位址時，儘可能挑選河道斷面狹窄處興建橋梁，如此一來可以減少橋梁長度，降低工程經費，然而由此次災損情形可獲知河川斷面狹窄通水面積不足，造成阻流效應而導致水位上昇，對跨河橋梁之側向推力、浮力與懸浮物之衝擊力加劇，使得橋梁嚴重損壞。

**表 2.1 荖濃溪 27 座損壞橋梁一覽表**

| 橋梁名稱        | 高程(m) | 跨越溪流  | 橋長(m)           | 災損狀況                                                                |
|-------------|-------|-------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|
| 武雄橋         | 2,361 | 野溪    | 25(單跨)          | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                    |
| 禮觀橋         | 1,907 | 荖濃溪支流 | 18(單跨)          | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                    |
| 唯金溪橋        | 1,049 | 唯金溪   | 24(單跨)          | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                    |
| 榮光一橋        | 797   | 荖濃溪支流 | 18+35+18=71     | 1.橋面板：S3 流失<br>2.橋墩(橋台)：A2 橋台流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A2 橋台基礎流失            |
| 復興橋         | 681   | 拉克斯溪  | 18+35+18=71     | 1.橋面板：S3 流失<br>2.橋墩(橋台)：A2 橋台流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A2 橋台基礎流失            |
| 明德橋         | 669   | 荖濃溪支流 | 11(單跨)          | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                    |
| 勤和橋         | 658   | 荖濃溪支流 | 17.6+17.5=35.1  | 1.橋面板：S1、S2 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                 |
| 東莊橋         | 565   | 少年溪   | 17.6+17.5=35.1  | 1.橋面板：S1、S2 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                 |
| 撒啦阿塢橋       | 564   | 荖濃溪   | 3@35+20=125     | 1.橋面板：S1 至 S4 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失               |
| 桃源一橋        | 588   | 少年溪   | 23.6(單跨)        | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                    |
| 塔拉拉魯<br>芙溪橋 | 534   | 荖濃溪支流 | 25.5+34+25.5=85 | 1.橋面板：無損壞，S3 因橋台損壞懸空<br>2.橋墩(橋台)：A2 流失、P1 鋼筋裸露<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A2 流失 |

|       |     |       |                    |                                                                                     |
|-------|-----|-------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 勝境橋   | 551 | 荖濃溪支流 | 2@16=32            | 1.橋面板：S1、S2 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                 |
| 萬年橋   | 512 | 荖濃溪支流 | 10+25=35           | 1.橋面板：無損壞<br>2.橋墩(橋台)：A1 損壞<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A1 基礎損壞                                  |
| 炳才橋   | 533 | 綠茂溪   | 25+7.4=32.4        | 1.橋面板：S1、S2 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                 |
| 綠茂橋   | 542 | 綠茂溪   | 2@20.1=40.2        | 1.橋面板：S1、S2 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                 |
| 寶來二橋  | 398 | 荖濃溪   | 30+4@42+2<br>2=220 | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：A1 橋台流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A1 橋台基礎流失                            |
| 建山二橋  | 440 | 荖濃溪支流 | 35(單跨)             | 1.橋面板：均已流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                     |
| 建山一橋  | 451 | 荖濃溪支流 | 42(單跨)             | 1.橋面板：沖毀至下游<br>2.橋墩(橋台)：A1 橋台流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A1 橋台流失                              |
| 新開橋   | 378 | 不老溪   | 13.1(單跨)           | 1.橋面板：均已流失<br>2.橋墩(橋台)：受損嚴重<br>3.基礎(橋墩及橋台)：受損嚴重                                     |
| 新寶橋   | 341 | 荖濃溪支流 | 40(單跨)             | 1.橋面板：均已流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                     |
| 新發大橋  | 302 | 荖濃溪   | 6@38=228           | 1.橋面板：S1 至 S6 流失<br>2.橋墩(橋台)：P1 至 P5 流失，A1、A2 受損<br>3.基礎(橋墩及橋台)：P1 至 P5 流失，A1、A2 受損 |
| 六龜大橋  | 227 | 荖濃溪   | 8@38.5=308         | 1.橋面板：S6 至 S8 流失<br>2.橋墩(橋台)：P6、P7 流失、A2 受損<br>3.基礎(橋墩及橋台)：P6、P7 流失、A2 受損           |
| 三合橋   | 236 | 扇平溪   | 39(單跨)             | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                    |
| 六龜四號橋 | 193 | 荖濃溪支流 | 16(單跨)             | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                    |
| 六龜三號橋 | 186 | 荖濃溪支流 | 15(單跨)             | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                    |
| 六津橋   | 188 | 荖濃溪支流 | 7.6(單跨)            | 1.橋面板：土石流淹沒，無法判定<br>2.橋墩(橋台)：土石流淹沒，無法判定<br>3.基礎(橋墩及橋台)：土石流淹沒無法判定                    |

表 2.2 旗山溪 21 座損壞橋梁一覽表

| 橋梁名稱  | 高程(m) | 跨越溪流  | 橋長(m)    | 災損狀況                                                         |
|-------|-------|-------|----------|--------------------------------------------------------------|
| 達卡努娃橋 | 650   | 達卡努娃溪 | 20(單跨)   | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 民生大橋  | 598   | 旗山溪   | 2@30=60  | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 自強橋   | 611   | 旗山溪支流 | 20(單跨)   | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 月兒橋   | 576   | 旗山溪支流 | 12.5(單跨) | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 民族橋   | 561   | 旗山溪   | 30(單跨)   | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 公園橋   | 550   | 都蘭那溪  | 10(單跨)   | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 第十五號橋 | 494   | 那督魯薩溪 | 31(單跨)   | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 第十四號橋 | 499   | 旗山溪   | 3@30=90  | 1.橋面板：S1 至 S3 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失        |
| 第十二號橋 | 449   | 旗山溪支流 | 5@40=200 | 1.橋面板：S1 至 S5 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失        |
| 第十一號橋 | 442   | 旗山溪支流 | 20(單跨)   | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失             |
| 民治橋   | 429   | 旗山溪旁  | 15.6(單跨) | 1.橋面板：S1 傾斜<br>2.橋墩(橋台)：A1 及 A2 受損<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A1 及 A2 受損 |
| 慈林橋   | 404   | 旗山溪旁  | 15(單跨)   | 1.橋面板：S1 傾斜<br>2.橋墩(橋台)：A1 及 A2 受損<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A1 及 A2 受損 |
| 第十號橋  | 380   | 旗山溪支流 | 2@15=30  | 1.橋面板：S1 至 S2 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失        |
| 第九號橋  | 369   | 旗山溪支流 | 10(單跨)   | 1.橋面板：無法判定<br>2.橋墩(橋台)：無法判定<br>3.基礎(橋墩及橋台)：已無法判定             |
| 第八號橋  | 381   | 角埔溪   | 2@18=36  | 1.橋面板：S1 至 S2 流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：均已流失        |

|       |     |     |           |                                                                  |
|-------|-----|-----|-----------|------------------------------------------------------------------|
| 楠梓仙溪橋 | 260 | 旗山溪 | 10@29=290 | 1.橋面板：S1 流失<br>2.橋墩(橋台)：A1 已流失<br>4.基礎(橋墩及橋台)：P1 已流失             |
| 四德大橋  | 249 | 旗山溪 | 6@40=240  | 1.橋面板：S3 至 S6 流失<br>2.橋墩(橋台)：A2 受損<br>3.基礎(橋墩及橋台)：無法判定           |
| 火山橋   | 154 | 無名溪 | 18(單跨)    | 1.橋面板：土石流淹沒<br>2.橋墩(橋台)：土石流淹沒<br>3.基礎(橋墩及橋台)：土石流淹沒               |
| 旗尾橋   | 58  | 旗山溪 | 6@30=180  | 1.橋面板：S18 流失，S17 傾斜<br>2.橋墩(橋台)：A2 橋台流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A2 橋台基礎流失 |
| 新旗尾橋  | 57  | 旗山溪 | 18@40=720 | 1.橋面板：S18 流失，S17 傾斜<br>2.橋墩(橋台)：A2 橋台流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A2 橋台基礎流失 |
| 大洲大橋  | 32  | 旗山溪 | 4@40=160  | 1.橋面板：S4 橋台流失<br>2.橋墩(橋台)：P2、P3 橋墩流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A2 橋台基礎流     |

表 2.3 濁口溪、隘寮北溪與高屏溪損壞橋梁一覽表

| 橋梁名稱 | 高程(m) | 跨越溪流 | 橋長(m)                      | 災損狀況                                                                                  |
|------|-------|------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 多納橋  | 244   | 濁口溪  | 3@36.9                     | 1.橋面板：橋面版均已流失<br>2.橋墩(橋台)：僅剩一座橋墩<br>3.基礎(橋墩及橋台)：A1 橋台毀損                               |
| 羅木斯橋 | 186   | 濁口溪  | 3@35=105                   | 1.橋面板：橋面版均已流失<br>2.橋墩(橋台)：受損嚴重<br>3.基礎(橋墩及橋台)：受損嚴重                                    |
| 興農大橋 | 169   | 濁口溪  | 3@35=105                   | 1.橋面板：橋面版均已流失<br>2.橋墩(橋台)：橋墩流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：橋台受損                                    |
| 大津橋  | 143   | 濁口溪  | 10@25=250                  | 1.橋面板：S5 至 S9 流失<br>2.橋墩(橋台)：P5 至 P8 流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：埋土中無法判定                        |
| 第一號橋 | 256   | 隘寮北溪 | 2@26.75=53.5               | 1.橋面板：橋面版均已流失<br>2.橋墩(橋台)：均已流失<br>4.基礎(橋墩及橋台)：均已流失                                    |
| 雙園大橋 | 1     | 高屏溪  | 60@31+6@30+25+18<br>=2,083 | 1.橋面板：S2-S16 流失約 450m<br>2.橋墩(橋台)：P2-P15 流失<br>3.基礎(橋墩及橋台)：因位於出海口，基礎位於水面下，目前尚無法判斷基礎狀況 |

表 2.4 莫拉克風災造成橋梁損壞之相關研究報告災況及災因

| 單位          | 交通部公路總局                                                                                                                                                               | 交通部運輸研究所                                        | 財團法人中華顧問工程司                                                                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 報告書名稱       | 莫拉克風災受損橋梁統計及致災原因初步研判                                                                                                                                                  | 莫拉克颱風造成主要橋梁損壞之現地調查及災因分析                         | 2009 莫拉克颱風八八水災橋梁勘查紀實                                                                                                                    |
| 自強橋 (611)   | 橋面版及橋台受橋址兩旁邊坡崩塌及上游水流挾帶大量土石撞擊而流失<br>降雨強度過大<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台附近邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞                                     | -                                               | 河道束縮或保護工未合攏<br>橋址位於河道彎道處<br>河川為辮狀河川<br>緊鄰山崖<br>主河道通水斷面不足<br>河床局部坡度陡急或橋梁靠近河床陡峭之山區<br>河川護岸沖刷崩塌<br>有跌水或水躍沖刷現象<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、砂石 |
| 民生大橋 (598)  | 橋面版及橋台受河道兩岸坡腳淘刷作用及上游水流挾帶大量土石撞擊而流失<br>橋墩受河道上游水流挾帶大量土石撞擊而流失<br>降雨強度過大<br>洪水量超過設計標準<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台附近邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石淤積破壞 | 洪水沖刷—側向侵蝕<br>土石流—沖刷、磨蝕、撞擊                       | 河道束縮或保護工未合攏<br>橋址位於河道彎道處<br>緊鄰山崖<br>主河道通水斷面不足<br>河床局部坡度陡急或橋梁靠近河床陡峭之山區<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、砂石                          |
| 第十五號橋 (494) | 橋面版遭土石流掩埋<br>A1、A2 橋台遭土石流掩埋<br>降雨強度過大<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁鄰近土石流潛勢溪流<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台附近邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石淤積破壞                             | 洪水沖刷—側向侵蝕、流石撞擊磨損<br>土石流—沖刷、磨蝕、撞擊                | 河道束縮或保護工未合攏<br>橋址位於河道彎道處<br>河川為辮狀河川<br>緊鄰山崖<br>河川護岸沖刷崩塌<br>有跌水或水躍沖刷現象<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、砂石                                      |
| 建山一橋 (451)  | 全橋橋面版流失，總長 42 公尺<br>A1 橋台流失、橋台基礎淘刷<br>降雨強度過大<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁鄰近土石流潛勢溪流<br>橋梁位於集水區出口<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞     | 洪水沖刷—側向侵蝕、流石撞擊磨損<br>土石流—浮托淤埋、漫流改道、沖刷、磨蝕、河道堵塞、撞擊 | 緊鄰山崖<br>河床局部坡度陡急或橋梁靠近河床陡峭之山區<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、漂流木、砂石                                        |

|               |                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                                                                                                              |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 建山二橋<br>(440) | A1 橋台流失、橋台基礎淘刷<br>降雨強度過大<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁鄰近土石流潛勢溪流<br>橋梁位於集水區出口<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋梁上游有堰塞湖潰堤<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞                    | 洪水沖刷—側向侵蝕、流石撞擊磨損<br>土石流—浮托淤埋、漫流改道、沖刷、磨蝕、河道堵塞、撞擊                                              | 緊鄰山崖<br>河床局部坡度陡急或橋梁靠近河床陡峭之山區<br>下游處為減山一橋<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、漂流木、砂石 |
| 寶來二橋<br>(398) | A1 橋台流失、橋台基礎淘刷<br>降雨強度過大<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁鄰近土石流潛勢溪流<br>橋梁位於集水區出口<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋梁上游有堰塞湖潰堤<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台附近邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞        | 洪水沖刷—束縮沖刷、側向侵蝕、高水位至橋梁上構<br>土石流—沖刷、撞擊<br>漂流木—隨洪水掛淤於橋面版、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁<br>堰塞湖—橋梁位於堰塞湖土石壩體下游 | 橋址位於河道彎道處<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、漂流木、砂石                                |
| 第八號橋<br>(381) | 全橋橋面版流失，總長 36 公尺<br>P1 橋墩流失<br>A1、A2 橋台流失、橋台基礎淘刷<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁鄰近土石流潛勢溪流<br>橋梁位於集水區出口<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞          | 土石流—浮托淤埋、漫流改道、撞擊                                                                             | -                                                                                                            |
| 第十號橋<br>(380) | 全橋橋面版流失，總長 30 公尺<br>P1 橋墩流失<br>A1 橋台流失、橋台基礎淘刷<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁鄰近土石流潛勢溪流<br>橋梁位於集水區出口<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋梁上游大型邊坡崩塌<br>橋台附近邊坡崩塌<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞 | 洪水沖刷—高水位至橋梁上構<br>土石流—沖刷、撞擊、過彎沖毀<br>堰塞湖—橋梁位於堰塞湖土石壩體上游                                         | -                                                                                                            |
| 第九號橋<br>(363) | 橋面版遭土石流掩埋<br>A1、A2 橋台遭土石流掩埋<br>洪水量超過設計標準<br>橋梁鄰近土石流潛勢溪流                                                                                                                        | 土石流—撞擊<br>堰塞湖—河道上游之橋梁等跨河構造物因漂流物等影響，形成之類似小型堰塞湖                                                | -                                                                                                            |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | <p>橋梁位於集水區出口</p> <p>橋梁上游大型邊坡崩塌</p> <p>橋台附近邊坡崩塌</p> <p>橋台鄰近區域有路基流失</p> <p>橋梁上下游有堤防、護岸破堤</p> <p>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p>                                                                                                                                      | 之壅水現象                                                                                                                                           |                                                                                                                                                |
| 新發大橋 (302) | <p>全橋橋面版流失，總長 228 公尺</p> <p>P1 至 P5 橋墩流失</p> <p>A2 橋台流失、橋台基礎淘刷</p> <p>降雨強度過大</p> <p>洪水量超過設計標準</p> <p>橋梁鄰近土石流潛勢溪流</p> <p>橋梁位於集水區出口</p> <p>引道與橋台遭受冲刷</p> <p>橋墩遭受冲刷</p> <p>橋梁上游大型邊坡崩塌</p> <p>橋台鄰近區域有路基流失</p> <p>橋梁上下游有堤防、護岸破堤。</p> <p>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p> | <p>洪水冲刷—束縮冲刷、向源侵蝕、側向侵蝕、高水位至橋梁上構</p> <p>土石流—冲刷、河道堵塞、挑流束縮</p> <p>漂流木—隨洪水掛淤於橋墩、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁</p> <p>堰塞湖—橋梁位於堰塞湖土石壩體處、橋梁位於堰塞湖土石壩體下游</p>         | <p>河道匯流</p> <p>橋址位於河道彎道處</p> <p>緊鄰山崖</p> <p>河川護岸冲刷崩塌</p> <p>有跌水或水躍冲刷現象</p> <p>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況</p> <p>橋台與堤防交界損壞</p> <p>土石流材料含卵礫石、漂流木、砂石</p> |
| 四德大橋 (249) | <p>橋面版共流失 4 跨，總長 160 公尺</p> <p>P4、P5 橋墩流失</p> <p>A2 橋台基礎淘刷</p> <p>降雨強度過大</p> <p>洪水量超過設計標準</p> <p>引道與橋台遭受冲刷</p> <p>橋梁上游有堰塞湖潰堤</p> <p>橋梁上游大型邊坡崩塌</p> <p>橋台附近邊坡崩塌</p> <p>橋台鄰近區域有路基流失</p> <p>橋梁上下游有堤防、護岸破堤</p> <p>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p>                      | <p>洪水冲刷—位於河道彎道處或挑水效應處</p> <p>漂流木—隨洪水掛淤於橋墩、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁</p> <p>堰塞湖—橋梁位於堰塞湖土石壩體下游</p>                                                        | <p>橋址位於河道彎道處</p> <p>緊鄰山崖</p> <p>上游 1 公里處有橋梁</p> <p>河川護岸冲刷崩塌</p> <p>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況</p> <p>橋台與堤防交界損壞</p> <p>土石流材料含卵礫石、漂流木、砂石</p>            |
| 六龜大橋 (227) | <p>橋面版因 A1 橋台及 A1 橋台側邊橋墩位處河道攻擊角，且因上游水流挾帶大量土石冲刷橋台及橋墩造成毀壞，導致橋面版跌落河道而流失</p> <p>橋台流失</p> <p>基礎淘刷</p> <p>降雨強度過大</p> <p>洪水量超過設計標準</p> <p>引道與橋台遭受冲刷</p> <p>橋墩遭受冲刷</p> <p>橋台鄰近區域有路基流失</p> <p>橋梁上下游有堤防、護岸破堤</p> <p>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p>                          | <p>洪水冲刷—位於河道彎道處或挑水效應處、高水位置橋梁上構</p> <p>漂流木—隨洪水掛淤於橋墩、隨洪水掛淤於橋面版、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁</p> <p>堰塞湖—橋梁位於堰塞湖土石壩體下游、河道上游之橋梁等跨河構造物因漂流物影響，形成之類似小型堰塞湖之壅水現象</p> | <p>橋址位於河道彎道處</p> <p>河川護岸冲刷崩塌</p> <p>有跌水或水躍冲刷現象</p> <p>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況</p> <p>橋台與堤防交界損壞</p> <p>土石流材料含卵礫石、漂流木、砂石</p>                         |
| 三合橋 (236)  | <p>全橋面版流失、總長 39 公尺</p> <p>A1 橋台流失、橋台基礎冲刷</p> <p>降雨強度過大</p> <p>洪水量超過設計標準</p> <p>鄰近土石流潛勢溪流</p> <p>位於集水區出口</p>                                                                                                                                          | <p>洪水冲刷—側向侵蝕、流石撞擊磨損、高水位至橋梁上構</p> <p>土石流—冲刷、撞擊</p>                                                                                               | -                                                                                                                                              |



|                        |                                                                                                                                                                                      |                                                                               |                                                                                                                                                                                               |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <p>引道與橋台遭受沖刷<br/>橋梁上游有堰塞湖潰堤<br/>上游大型邊坡崩塌<br/>橋台鄰近區域有路基流失<br/>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br/>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p>                                                                                     |                                                                               |                                                                                                                                                                                               |
| 六龜<br>四號<br>橋<br>(193) | <p>橋面版因下游主流荖濃溪溪水過大<br/>沖刷兩岸坡腳，造成坡腳破壞，連<br/>帶使六龜四號橋箱涵往外傾倒，加<br/>上過大雨量造成<br/>橋台流失<br/>基礎淘刷<br/>降雨強度過大<br/>洪水量超過設計標準<br/>引道與橋台遭受沖刷<br/>橋台鄰近區域有路基流失<br/>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br/>橋梁遭受土石淤積破壞</p> | 洪水沖刷—側向侵蝕、位於<br>河道彎道處或挑水效應處<br>土石流—撞擊                                         | -                                                                                                                                                                                             |
| 六龜<br>三號<br>橋<br>(186) | <p>A1、A2 橋台流失、橋台基礎流失<br/>降雨強度過大<br/>洪水量超過設計標準<br/>引道與橋台遭受沖刷<br/>橋台鄰近區域有路基流失<br/>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br/>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p>                                                                  | 洪水沖刷—側向侵蝕、位於<br>河道彎道處或挑水效應處<br>土石流—撞擊                                         | 河道匯流<br>上游有水利會灌排<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、漂流<br>木、砂石                                                                                                                                         |
| 六津<br>橋<br>(188)       | <p>橋面版遭土石掩埋<br/>A1、A2 橋台遭土石流掩埋<br/>洪水量超過設計標準<br/>橋梁鄰近土石流潛勢溪流<br/>橋梁位於集水區出口<br/>橋梁上游大型邊坡崩塌<br/>橋台附近邊坡崩塌<br/>橋台鄰近區域有路基流失<br/>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br/>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p>                       | 土石流—浮托淤埋、漫流改<br>道                                                             | 橋址位於河道彎道處<br>緊鄰山崖<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋基或保護工受流石或流<br>木撞擊、磨損狀況<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含漂流木、砂石                                                                                                         |
| 大津<br>橋<br>(143)       | <p>橋面版共流失 9 跨，總長 225 公尺<br/>P1 至 P8 橋墩流失<br/>A1 橋台流失<br/>A1、A2 基礎淘刷<br/>洪水量超過設計標準<br/>引道與橋台遭受沖刷<br/>橋墩遭受沖刷<br/>橋梁上游大型邊坡崩塌<br/>橋台鄰近區域有路基流失<br/>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br/>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞</p>    | 洪水沖刷—位於河道彎道處<br>或挑水效應處、高水位至橋<br>梁上構<br>漂流木—隨洪水掛淤於橋<br>墩、隨洪水或堰塞湖潰決後<br>之湧波撞擊橋梁 | 河道束縮或保護工未合攏<br>橋址位於河道彎道處<br>河川為辮狀河川<br>緊鄰山崖<br>主河道通水斷面不足<br>河床局部坡度陡急或橋梁<br>靠近河床陡峭之山區<br>下游處有平行之施工便橋<br>河川護岸沖刷崩塌<br>有跌水或水躍沖刷現象<br>橋基或保護工受流石或流<br>木撞擊、磨損狀況<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含卵礫石、漂流<br>木、砂石 |

|              |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                                                                                 |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 旗尾橋<br>(58)  | 橋面版流失 5 跨，總長 150 公尺<br>P1 至 P4 橋墩傾倒、流失<br>A1、A2 橋台基礎淘刷<br>洪水量超過設計標準<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋梁上游有堰塞湖潰堤<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞                    | 洪水沖刷—束縮沖刷、側向侵蝕、高水位至橋梁上構<br>漂流木—隨洪水掛淤於橋墩、隨洪水掛淤於橋面版、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁<br>堰塞湖—橋梁位於堰塞湖土石壩體下游、河道上游之橋梁等跨河構造物因漂流物影響，形成之類似小型堰塞湖之壅水現象 | 河道匯流<br>河道束縮或保護工未合攏<br>主河道通水斷面積不足<br>上游有鋼構人行地景橋<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含漂流木、砂石 |
| 新旗尾橋<br>(57) | 橋面版流失 S18 跨，總長 40 公尺<br>A2 橋台遭洪水、漂流木撞擊流失<br>P16、P17 及 A2 橋台基礎淘刷<br>洪水量超過設計標準<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋墩遭受沖刷<br>橋梁上游有堰塞湖潰堤<br>橋台鄰近區域有路基流失<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受土石、浮木淤積破壞 | 洪水沖刷—側向侵蝕、位於河道彎道處或挑水效應處、高水位至橋梁上構<br>漂流木—隨洪水掛淤於橋墩、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁<br>堰塞湖—河道上游之橋梁等跨河構造物因漂流物影響，形成之類似小型堰塞湖之壅水現象                | 橋址位於河道彎道處<br>河川為辮狀河道<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含漂流木與砂石                                                   |
| 大洲大橋<br>(32) | -                                                                                                                                                                  | 洪水沖刷—束縮沖刷、側向侵蝕、高水位至橋梁上構<br>漂流木—隨洪水掛淤於橋墩、隨洪水掛淤於橋面版、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁<br>堰塞湖—河道上游之橋梁等跨河構造物因漂流物影響，形成之類似小型堰塞湖之壅水現象               | 河道匯流<br>橋址位於河道彎道處<br>主河道通水斷面不足<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋台與堤防交界損壞<br>土石流材料含漂流木與砂石                                         |
| 雙園大橋<br>(1)  | 橋面版流失 13 跨，總長 435 公尺<br>橋墩流失 P3-P15(P16)，共 13 墩<br>基礎淘刷為主要致災原因<br>降雨強度過大<br>洪水量超過設計標準<br>引道與橋台遭受沖刷<br>橋墩遭受沖刷<br>橋梁上游有堰塞湖潰堤<br>橋梁上下游有堤防、護岸破堤<br>橋梁遭受浮木淤積破壞          | 洪水沖刷—側向侵蝕、流石撞擊磨損、位於河川彎道處或挑水效應處、水流攻角效應<br>漂流木—隨洪水掛淤於橋墩、隨洪水掛淤於橋面版、隨洪水或堰塞湖潰決後之湧波撞擊橋梁                                            | 主河道通水斷面不足<br>上下游處有河中構造物<br>河川護岸沖刷崩塌<br>橋基或保護工受流石或流木撞擊、磨損狀況<br>土石流材料含漂流木、砂石                                      |

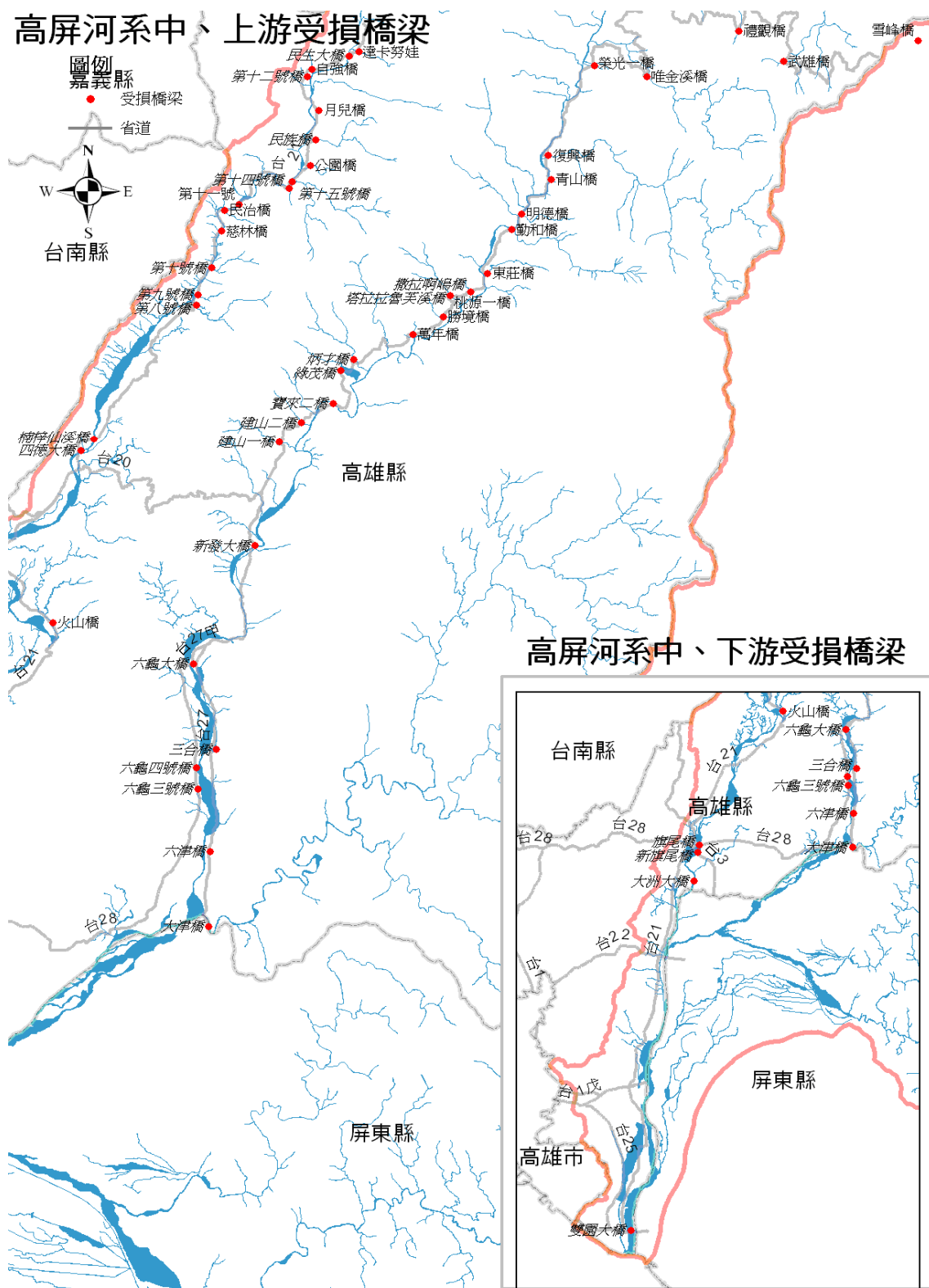


圖 2.4 高屏河系受損橋梁位置圖

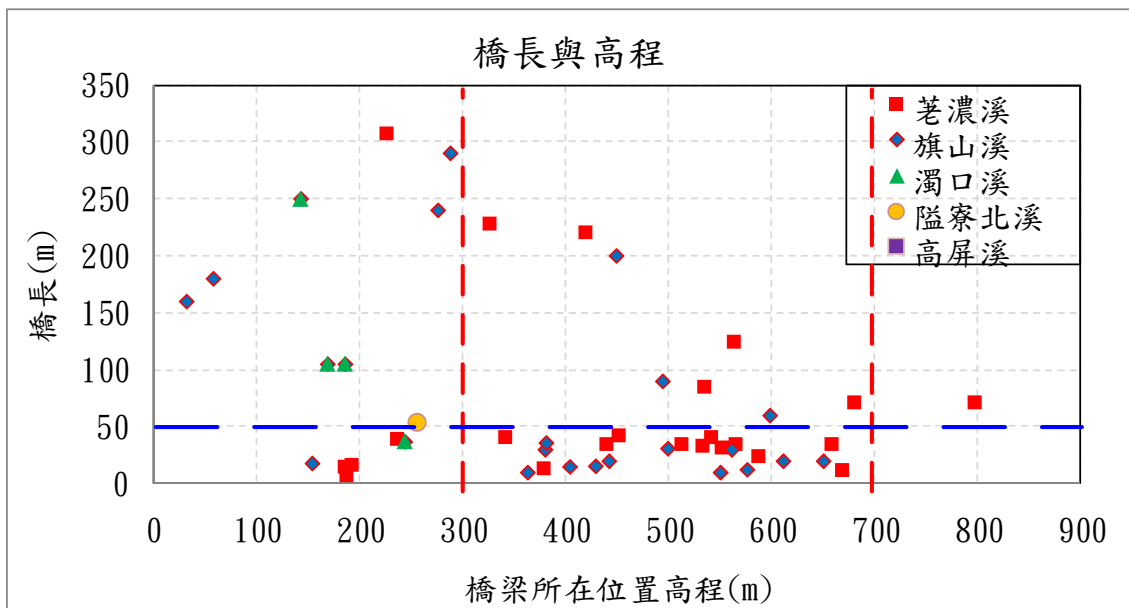


圖 2.5 高屏溪河系損壞橋梁高程與橋長關係圖

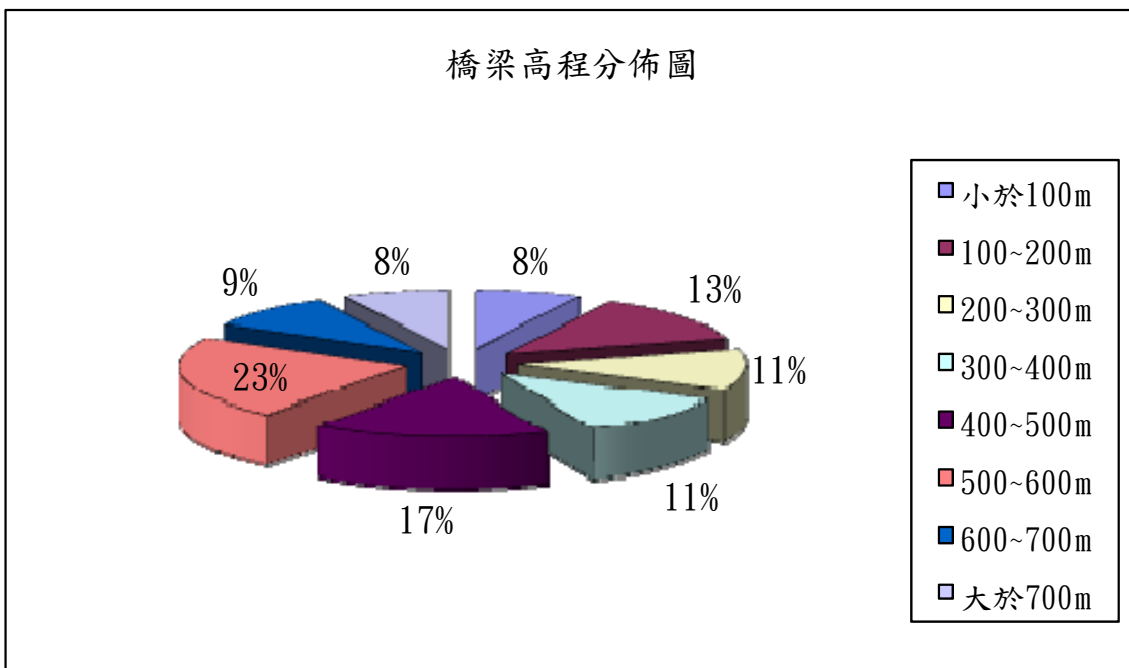


圖 2.6 受損橋梁高程分佈圖

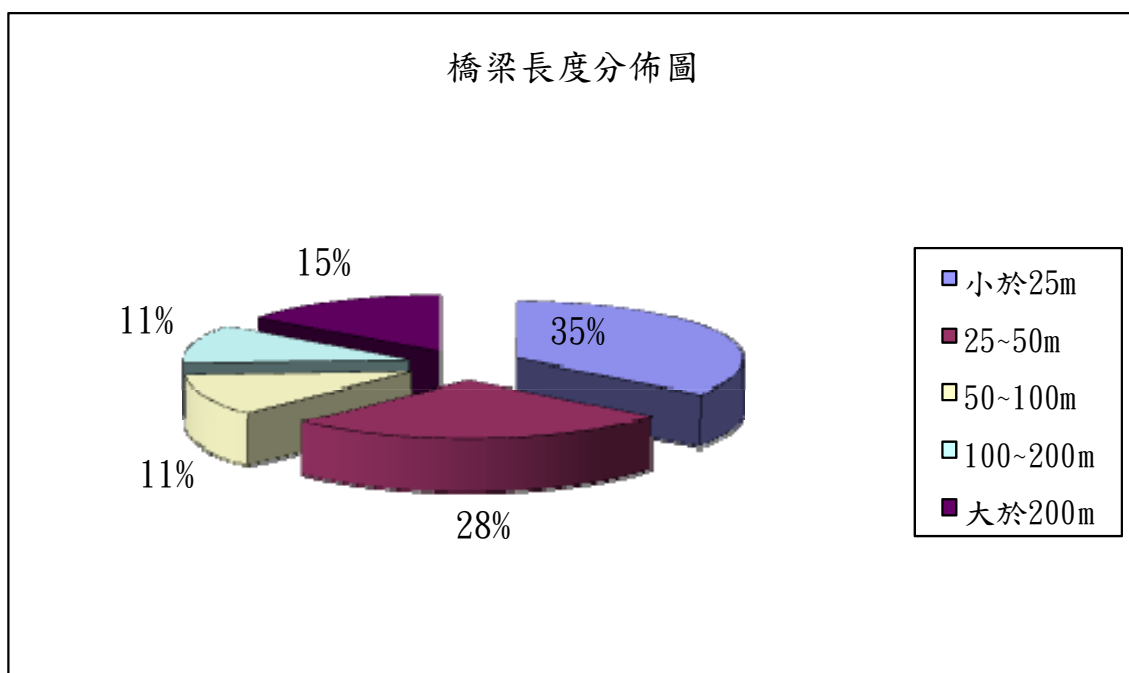


圖 2.7 受損橋梁橋長分布圖

### 第三章 橋梁損壞之影響因素

本章將針對莫拉克颱風侵台期間之水文與氣象相關環境特性資料進行蒐集與探討，並說明莫拉克颱風對高屏溪流域所造成之橋梁損害影響。

#### 3.1 降雨歷程

莫拉克颱風於 2009 年 8 月 4 日在菲律賓東北方約 1,000 公里海面上生成，並於 5 日增強為中度颱風並向西移動，6 日 17 時左右暴風圈逐漸進入台灣東部近海，強度持續增強並繼續向西移動。7 日 2 時左右，路徑略為偏南，5 時左右移動速度略為減慢，並朝西北西至偏西的方向移動，其暴風圈已逐漸進入台灣東部陸地，17 時左右轉向西北方向移動，速度仍然緩慢，但暴風圈已籠罩台灣各地，23 時 50 分左右在花蓮市附近登陸，有效暴風為半徑 250 公里。

8 月 8 日 2 時強度減弱，並於 5 時左右轉為偏北前進，11 時左右減弱為輕度颱風並往西北方向移動，14 時左右於桃園附近出海，並繼續向北北西緩慢移動。9 日 14 時左右強度減弱且暴風圈略為縮小，18 時 30 分左右在馬祖北方進入福建，台灣本島已脫離暴風圈。10 日 2 時左右強度持續減弱且暴風圈亦縮小，5 時馬祖脫離其暴風圈。11 日凌晨減弱為熱帶性低氣壓(如圖 3.1.1)。在莫拉克颱風侵台前，先前已登陸廣東地區之輕颱(柯尼Goni)，莫拉克颱風離開生成區之後，其後另一個熱帶性低氣壓在原地快速發展(艾陶Etau)，三個熱帶低壓系統位在季風槽內形成一大低壓帶，加強了莫拉克颱風南側的水氣提供，莫拉克在此條件下，造成南北結構不對稱的情形，南側對流旺盛，水氣豐沛，當颱風逐漸登入台灣本島後，加強過後的西南氣流正經過台灣中南部地區，尤其是高屏地區，造成高屏地區持續大雨。

莫拉克颱風影響期間本島時間為 8 月 6 日至 8 月 10 日，主要降雨中心為嘉義、台南、高屏山區，多處雨量站超過台灣降雨歷史紀錄，多數河川流域超過歷史紀錄包括：八掌溪流域、高屏溪流域、曾文溪流域等雨量站，所降下雨量皆為歷史新高，其中降雨量前十名區域即有六處位在高屏溪流域內。莫拉克颱風無論是 24 小時或 48 小時延時雨量皆超過賀伯颱風成為歷史排名第一的颱風。統計全台雨量站共有 31 站超過 1,000 mm，23 站超過 1,500 mm，12 站超過 2,000 mm，初估台灣約有 9 %面積降雨量超過 2,000 mm(見表 3.1.1與表 3.1.2)。

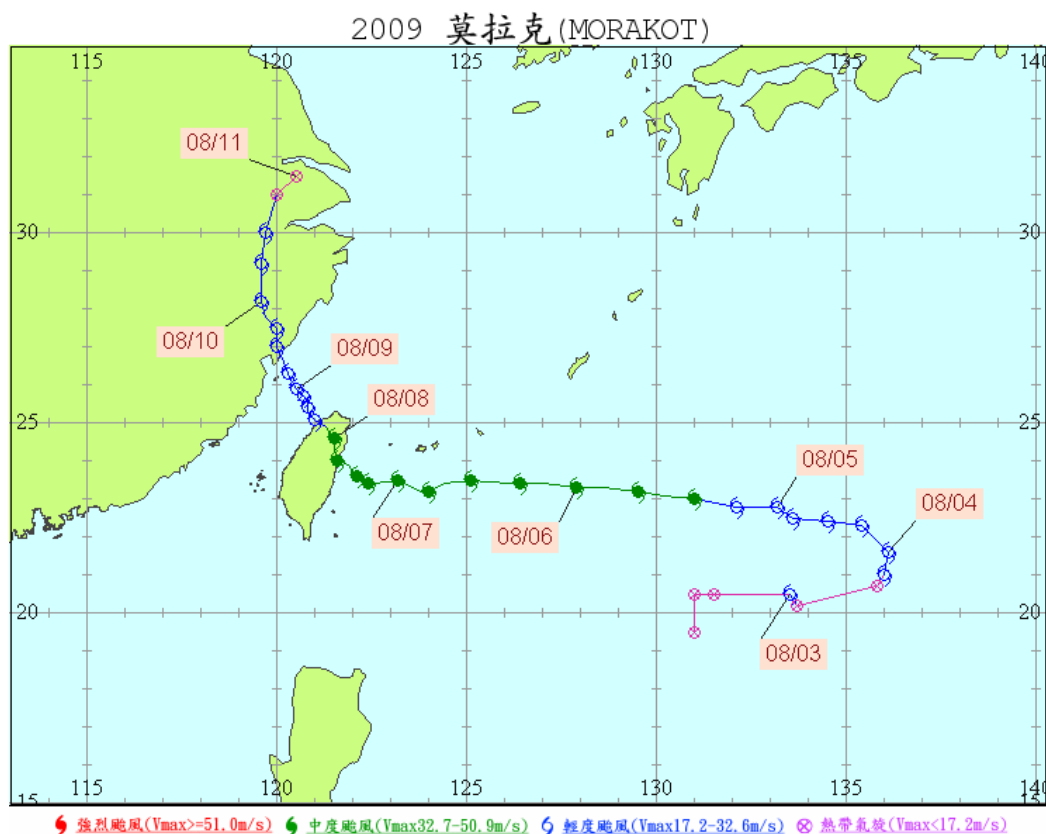


圖 3.1.1 莫拉克颱風路徑圖【中央氣象局】

**表 3.1.1 莫拉克颱風 8 月 5 至 10 日總累積雨量前 10 名【中央氣象局】**

| 站名  | 累積雨量(mm) | 流域    | 行政區     |
|-----|----------|-------|---------|
| 阿里山 | 3,060    | 曾文溪流域 | 嘉義縣阿里山鄉 |
| 尾寮山 | 2,910    | 高屏溪流域 | 屏東縣三地門鄉 |
| 奮起湖 | 2,863    | 八掌溪流域 | 嘉義縣竹崎鄉  |
| 御油山 | 2,823    | 高屏溪流域 | 高雄縣桃源鄉  |
| 溪南  | 2,747    | 高屏溪流域 | 高雄縣桃源鄉  |
| 石磐龍 | 2,706    | 八掌溪流域 | 嘉義縣竹崎鄉  |
| 南天池 | 2,694    | 高屏溪流域 | 高雄縣桃源鄉  |
| 小關山 | 2,485    | 高屏溪流域 | 高雄縣桃源鄉  |
| 瀨頭  | 2,408    | 曾文溪流域 | 嘉義縣阿里山鄉 |
| 新發  | 2,356    | 高屏溪流域 | 高雄縣六龜鄉  |

**表 3.1.2 莫拉克颱風期間最大累積雨量歷史排名比較【中央氣象局】**

| 排序 | 24 小時最大雨量(mm) |     |       |     | 48 小時最大雨量(mm) |     |       |     |
|----|---------------|-----|-------|-----|---------------|-----|-------|-----|
|    | 歷史事件          |     | 莫拉克   | 站名  | 歷史事件          |     | 莫拉克   | 站名  |
| 1  | 1,748         | 賀伯  | 1,623 | 阿里山 | 1,986         | 賀伯  | 2,361 | 阿里山 |
| 2  | 1,345         | 賀伯  | 1,583 | 石磐龍 | 1,879         | 海棠  | 2,217 | 尾寮山 |
| 3  | 1,274         | 卡絲  | 1,572 | 奮起湖 | 1,715         | 海棠  | 2,162 | 奮起湖 |
| 4  | 1,254         | 海棠  | 1,448 | 南天池 | 1,645         | 賀伯  | 2,108 | 石磐龍 |
| 5  | 1,185         | 納莉  | 1,414 | 尾寮山 | 1,644         | 海棠  | 2,041 | 南天池 |
| 6  | 1,180         | 卡絲  | 1,378 | 馬頭山 | 1,589         | 海棠  | 2,009 | 溪南  |
| 7  | 1,154         | 艾利  | 1,340 | 溪南  | 1,537         | 艾利  | 1,988 | 馬頭山 |
| 8  | 1,067         | 賀伯  | 1,272 | 小關山 | 1,525         | 海棠  | 1,971 | 上德文 |
| 9  | 1,065         | 海棠  | 1,231 | 復興  | 1,522         | 海棠  | 1,887 | 小關山 |
| 10 | 1,063         | 納莉  | 1,215 | 瀨頭  | 1,511         | 敏督利 | 1,812 | 瀨頭  |
| 11 | 1,043         | 南瑪都 | 1,200 | 新發  | 1,499         | 敏督利 | 1,679 | 大湖  |
| 12 | 1,042         | 納莉  | 1,189 | 上德文 | 1,474         | 海棠  | 1,662 | 新發  |
| 13 | 1,035         | 柯羅莎 | 1,181 | 瑪家  | 1,437         | 敏督利 | 1,659 | 復興  |
| 14 | 1,026         | 海棠  | 1,146 | 梅山  | 1,419         | 敏督利 | 1,644 | 曾文  |
| 15 | 1,015         | 卡絲  | 1,144 | 新高口 | 1,417         | 辛樂克 | 1,634 | 神木村 |



莫拉克颱風中心於8月7日23時於花蓮登陸台灣，8月8日下午兩點於桃園出海，5至6日雨量集中在苗栗南庄山區，並逐漸向南移動。然而由於颱風結構不對稱，登陸後，雨量集中至中南部山區，於7日降雨集中在高屏溪支流荖濃溪、旗山溪上游(日雨量約300 mm至450 mm)及隘寮溪上游(上德文雨量站日雨量1,004 mm、尾寮山雨量站日雨量744 mm)，8日降雨量更大且降雨仍集中在高屏溪支流荖濃溪、旗山溪上游(日雨量約900 mm至1,200 mm，溪南雨量站日雨量1,301 mm)及隘寮溪上游(尾寮山雨量站日雨量1,407 mm)，9日最大降雨中心逐漸北移至阿里山，降雨仍集中在高屏溪支流荖濃溪、旗山溪流域(日雨量約300 mm至950 mm)，直至10日雨勢方逐漸減小，降雨仍集中高屏溪流域(日雨量約50 mm至150 mm，荖濃溪上游南天池日雨量194.5 mm)，8月7日至8月10日降雨中心集中於高屏溪山區上游，詳細降雨分布請參見圖3.1.2。8月6日至8月10日之間，南部山區多處降雨量超過2,000 mm，皆超過200年降雨頻率，期間總下雨量多數測站超過50%之年平均雨量，荖濃溪測站更有達80%年平均雨量之紀錄。(如表3.1.3)。依據中央氣象局超大豪雨標準為24小時內雨量累計350 mm，綜觀本次莫拉克帶來降雨量，於高屏溪流域上無論荖濃溪、旗山溪、隘寮溪集水範圍內雨量站，遠超過超大豪雨標準。

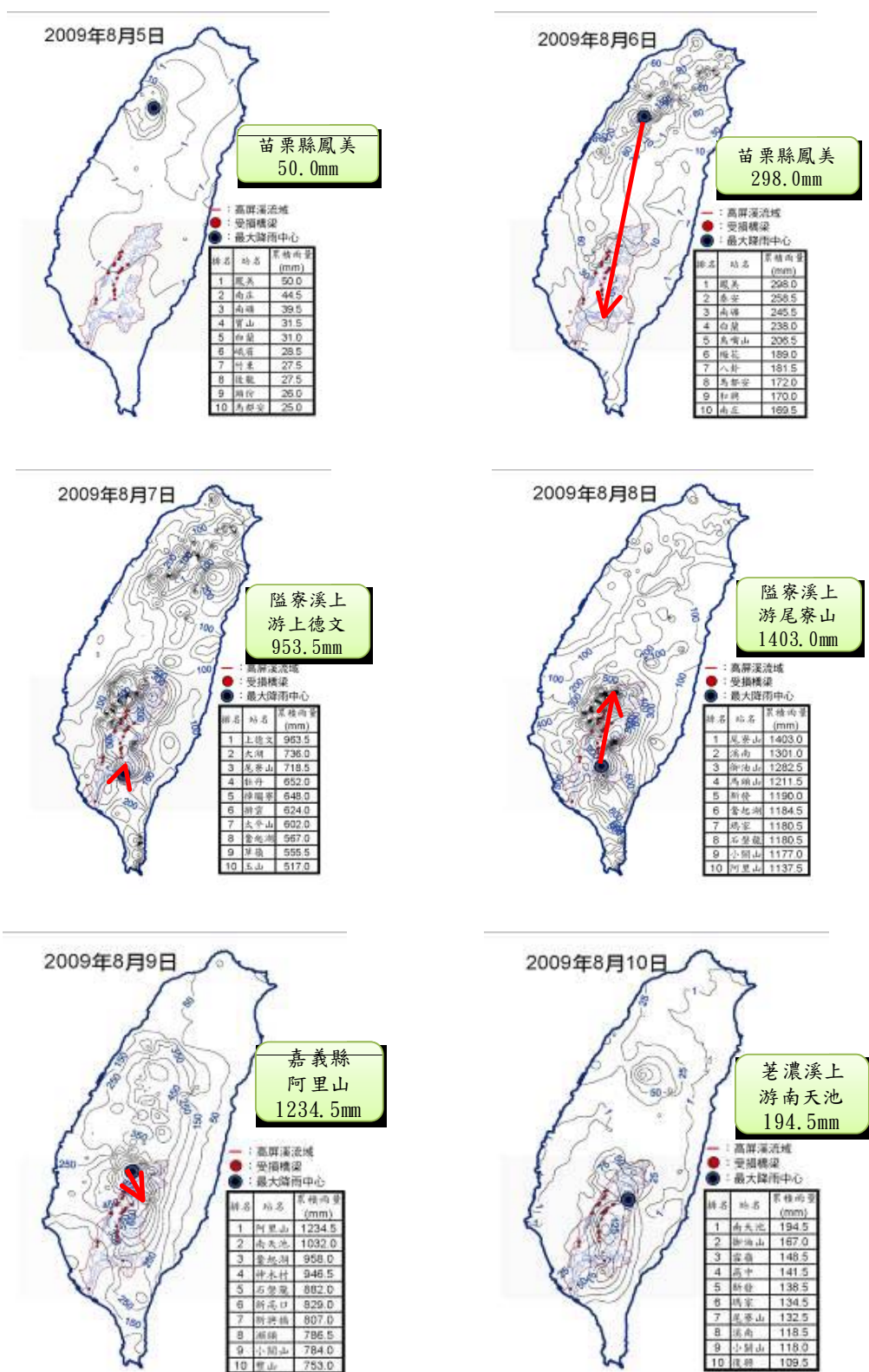


圖 3.1.2 莫拉克颱風期間總雨量分布【中央氣象局】

表 3.1.3 旗山、荖濃河系年平均雨量比較【經濟部水利署】

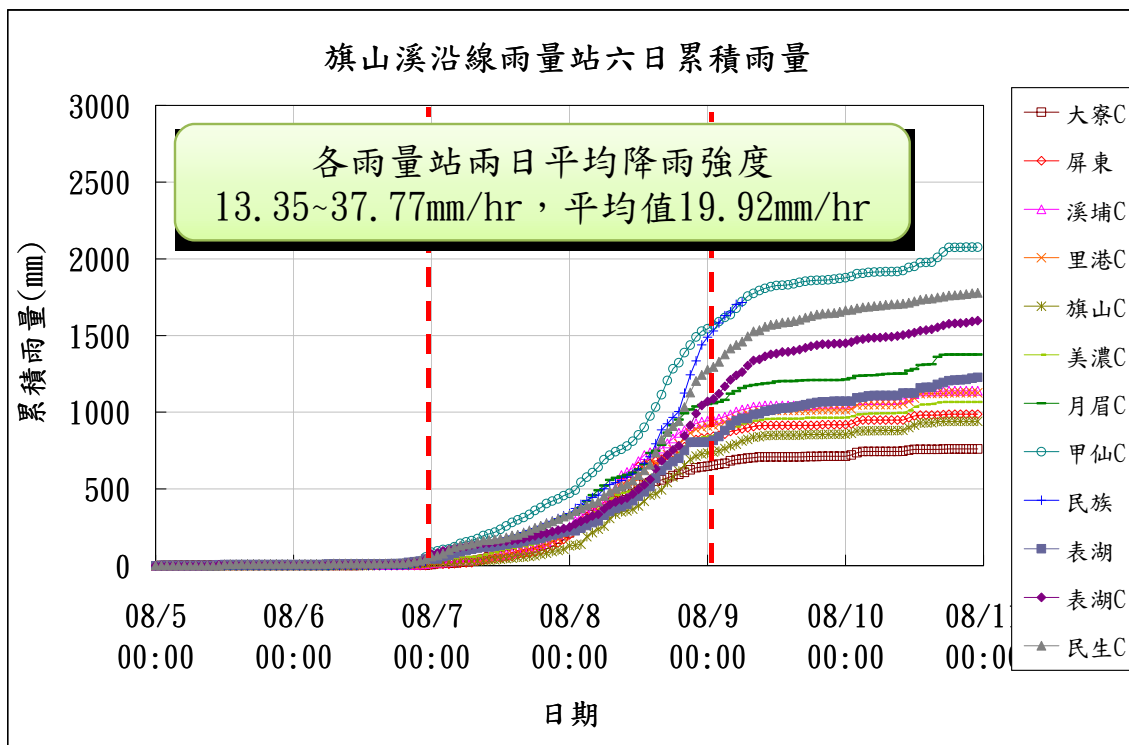
| 測站          |       | 莫拉克期間雨量<br>(mm) | 年平均雨量<br>(mm) | 相當年平均雨量比例<br>(%) |
|-------------|-------|-----------------|---------------|------------------|
| 旗<br>山<br>溪 | 旗山    | 900             | 2,286         | 39               |
|             | 甲仙(2) | 2,081           | 2,859.5       | 73               |
|             | 民族    | 1,717           | 3,002         | 57               |
|             | 美濃(2) | 871             | 2,822         | 31               |
| 荖<br>濃<br>溪 | 多納(2) | 2,392           | 3,090         | 77               |
|             | 梅山    | 2,083           | 2,611         | 80               |
|             | 藤枝    | 2,500           | 3,168         | 79               |
|             | 六龜    | 2,258           | 3,320         | 68               |

逐一分析降雨情況，綜觀荖濃河流域鄰近雨量站，時雨量資料於 8 月 6 日 18 時至 8 月 9 日 12 時，這 36 小時期間內，包括上游梅山站、小關山站、復興站、高中站(鄰近炳才橋、綠茂橋)，36 小時內總雨量皆超過 1,500 mm。中下游部份六龜鄉境內新發站(鄰近新發大橋)、大津站(鄰近大津橋與六津橋)及桃源鄉境內御油山站，也分別超過 1,500 mm 與 1,000 mm，屏東縣境內高屏溪支流隘寮溪瑪家站也超過 1,500 mm。旗山河流域雨量站資料方面包括上游民生站(鄰近民生、民族大橋)，中下游甲仙雨量站(鄰近楠梓仙溪、四德大橋)、月眉站總雨量也分別超過 800 mm 與 1,000 mm。根據水利署「97 年台灣水文年報」統計可知，南部地區年平均雨量為 2,503 mm，以莫拉克期間雨量概估統計，36 小時內莫拉克颱風期間總雨量，旗山與荖濃河流域皆達年平均雨量之 50%，相當於一天半之內即下完半年之雨量總和。此外根據水利署「莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析」(2009)可知在總雨量紀錄方面，其中荖濃河流域上美濃、吉東、大津(鄰近大津與六津橋)，無論 24、48 與 72 小時之降雨量，甚至超過 2,000 年重現期。而旗山河流域上的甲仙站(鄰近四德大橋與楠梓仙溪橋)、月眉、旗山站(大洲大橋、旗尾橋與新旗尾橋)，無論 24、48 與 72 小時之降雨量甚至超過 2,000 年重現期(見表 3.1.4)。除下游高屏溪本流外，中上游雨量站皆超過 2,000 年重現期。

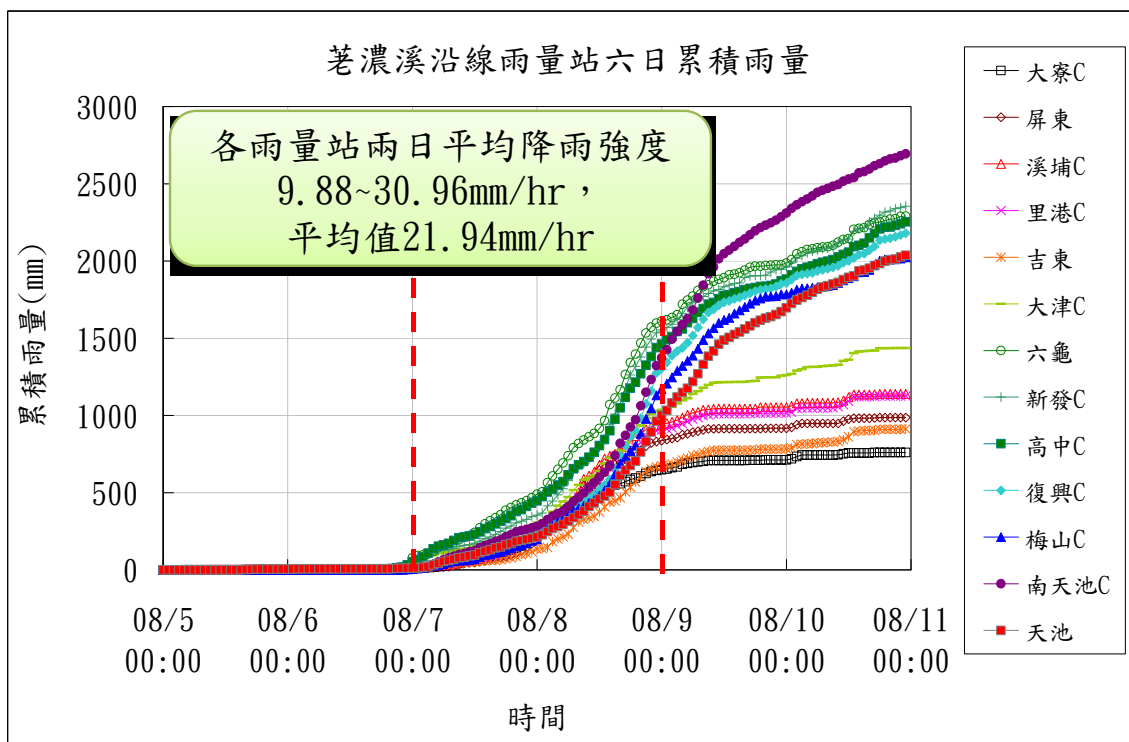
旗山溪與荖濃溪沿線的雨量站於 8/6 至 8/10 這六日的累積雨量如圖 3.1.3與圖 3.1.4所示，圖中顯示由 8 月 7 日零時至 8 月 9 日零時為累積雨量增加最快的區間，旗山溪兩日平均降雨強度為 19.92 mm/hr，荖濃溪兩日平均降雨強度為 21.94 mm/hr，約接近於 20 mm/hr，為探討降雨強度較強時對於橋梁的影響，故取 8 月 7 日與 8 月 8 日兩日累積雨量及兩日平均降雨強度與其他橋梁相關損壞因素進行比對分析。另外將高屏溪流域各雨量站高程與六日累積雨量繪製得圖 3.1.5，可知高程 200 公尺以上的雨量站，六日累積雨量大多超過 2,000 mm，而高程 200 公尺以下為 1,050±250 mm，高程 300 公尺以上為 2,250±500 mm，由此可知降雨主要集中在高程 200 公尺以上的區域。

**表 3.1.4 旗山、荖濃河系雨量站雨量資料【經濟部水利署】**

| 高屏溪流域 |     | 測站 | 24 小時   |          | 48 小時   |          | 72 小時   |          | 累積雨量    |
|-------|-----|----|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
|       |     |    | 實測雨量    | 相當重限期(年) | 實測雨量    | 相當重限期(年) | 實測雨量    | 相當重限期(年) |         |
|       | 旗山溪 | 月眉 | 744.0   | >2,000   | 1,081.0 | >2,000   | 1,205.0 | >2,000   | 1,246.5 |
|       |     | 旗山 | 621.0   | >2,000   | 813.0   | >2,000   | 854.5   | >2,000   | 881.0   |
|       |     | 甲仙 | 1,077.5 | >2,000   | 1,601.0 | >2,000   | 1,856.0 | >2,000   | 1,916.0 |
|       | 荖濃溪 | 美濃 | 633.5   | >2,000   | 878.0   | >2,000   | 955.5   | >2,000   | 989.5   |
|       |     | 吉東 | 547.5   | >2,000   | 728.0   | >2,000   | 789.0   | >2,000   | 820.5   |
|       |     | 大津 | 738.5   | >2,000   | 1,072.0 | >2,000   | 1,241.0 | >2,000   | 1,314.0 |



**圖 3.1.3 旗山溪沿線雨量站六日累積雨量圖**



**圖 3.1.4 荖濃溪沿線雨量站六日累積雨量圖**

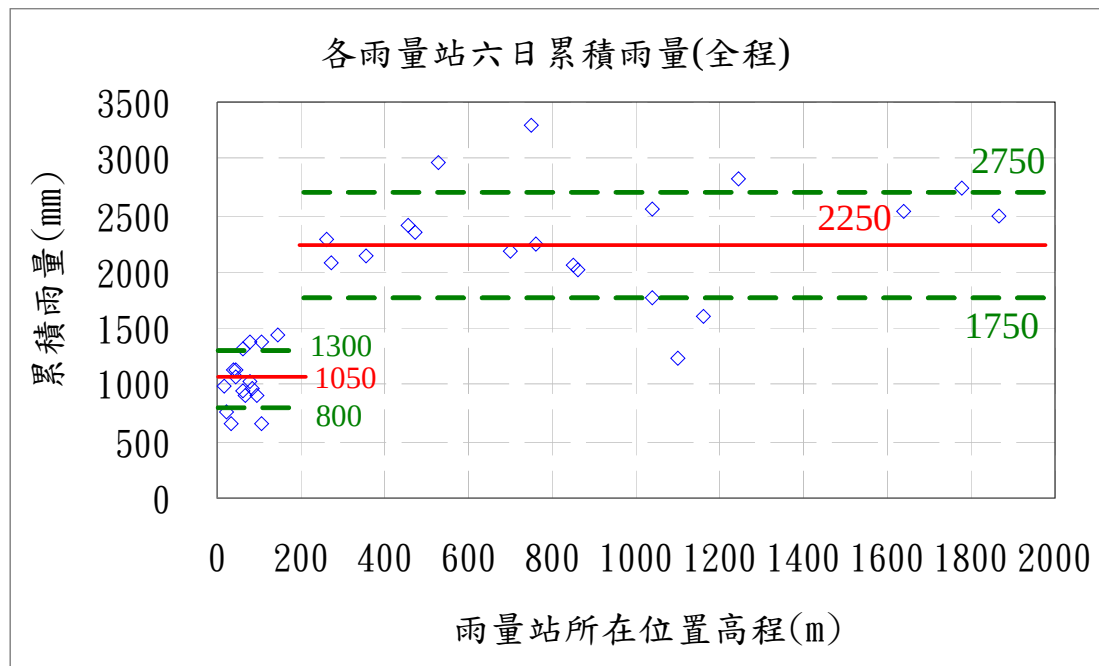


圖 3.1.5 高屏溪流域各雨量站六日累積雨量圖

探討 8 月 7 日至 8 月 8 日兩日的累積雨量、兩日平均降雨強度和雨量站高程間的關係(如圖 3.1.6 與圖 3.1.7)，可得到與圖 3.1.5 相似的結論，由圖中顯示兩日累積雨量之分布，依高程可分成二型態，高程 200 公尺以下兩日累積雨量約集中在  $800 \pm 200$  mm，高程在 300 公尺以上累積雨量提升到  $1,450 \pm 350$  mm，其標準偏差約為平均值 1/4，故不因高程變動而改變。再由圖 3.1.7 雨量站高程與降雨強度關係比較圖，由圖中可知高程 200 公尺以下，降雨強度約集中在  $15 \pm 5$  mm/hr，高程 300 公尺以上降雨強度增加約 2 倍為  $30 \pm 5$  mm/hr，但降雨強度之標準偏差皆為 5 mm/hr，顯示在各高程區段內其降雨強度相當均勻。

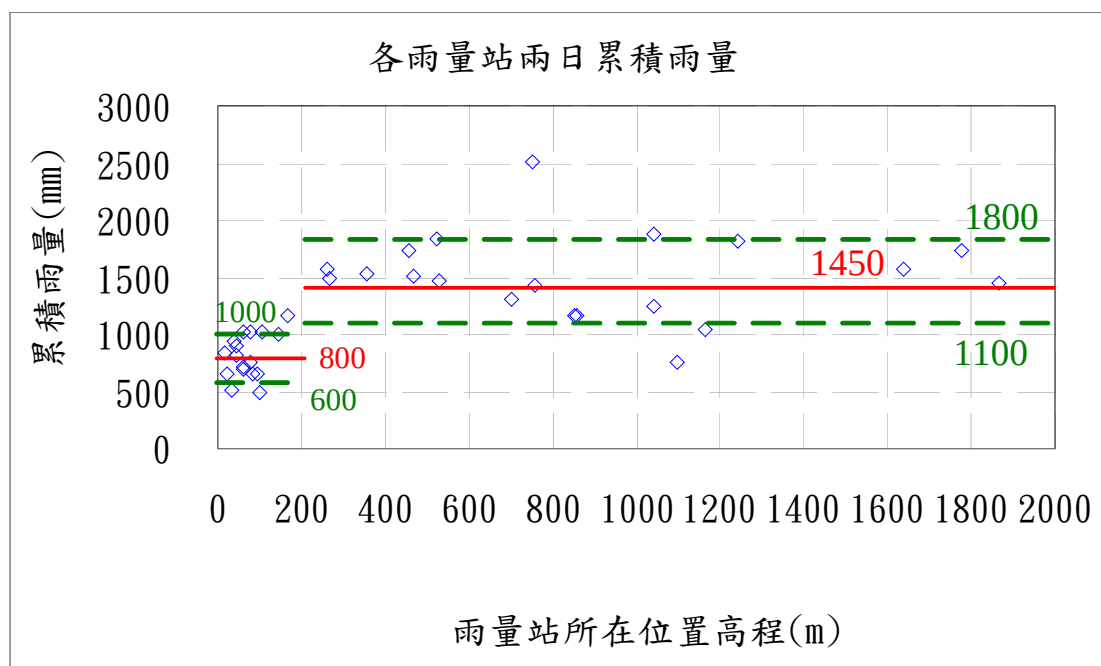


圖 3.1.6 各雨量站高程與兩日累積雨量關係圖

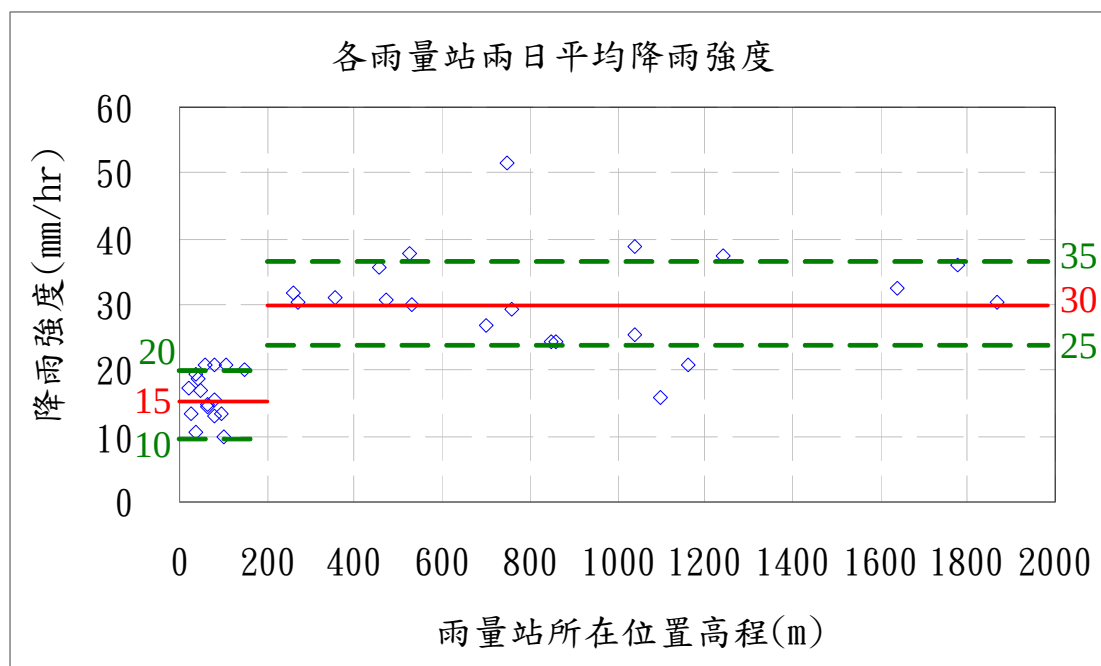


圖 3.1.7 各雨量站高程與兩日平均降雨強度關係圖

### 3.2 流量與水位

莫拉克颱風期間，除造成超大豪雨外，亦造成超大流量，由水利署「莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析」(2009)資料可知，莫拉克期間造成之流量皆已超過 200 年重現期洪峰流量，依據 97 年治理計畫公告，高屏溪流域保護標準為 100 年重現期洪水量。根據水利署「莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析」報告，洪峰流量分析結果在高屏溪本流九曲堂站流量為 35,064 立方公尺/秒；支流荖濃溪里港大橋、荖濃溪與隘寮溪合流前、新發大橋站洪流量分別為 25,320 立方公尺/秒、19,241 立方公尺/秒及 12,106 立方公尺/秒；支流旗山溪出口及月眉站洪流量分別為 9,308 立方公尺/秒及 6,840 立方公尺/秒，無論本流及支流旗山溪與荖濃溪均大於公告治理基本計畫 200 年重現期；隘寮溪出口洪流量為 8,657 立方公尺/秒，接近公告治理基本計畫 100 年重現期，三地門站洪流量分別為 5,857 立方公尺/秒，接近公告治理基本計畫 75 年重現期(見表 3.2.1)。

報告中並指出，與河道實測最大洪水位比對，除荖濃溪流域六龜站超過 200 年重現期水位外，實測流量站所測得之最大洪水位包括里嶺大橋、杉林大橋均小於所推估的洪峰流量值。推測造成此落差最大原因為上游所降下雨量已超過現有河道容洪空間，造成河水漫流至兩岸，才造成實測流量小於推估流量之差異(圖 3.2.1)。分析高屏溪水位時序列水位資料，於莫拉克颱風期間，所有有效量測期間之水位站(如六龜、新發大橋與楠峰橋皆於颱風期間損毀)，均超過一級警戒水位(見圖 3.2.2)。與治理規劃值比較，旗山溪、荖濃溪本次莫拉克颱風降雨全河段超過 200 年重現期，隘寮溪也接近 100 年重現期。



表 3.2.1 莫拉克颱風各流域各控制站洪峰流量分析比較表

【經濟部水利署】

| 流域          |     | 控制點             | 莫拉克颱風  |        |        |        |        |             |              |
|-------------|-----|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------------|
|             |     |                 | 10 年   | 20 年   | 50 年   | 100 年  | 200 年  | 流量<br>(cms) | 相當重現<br>期(年) |
| 高<br>屏<br>溪 | 本流  | 九曲堂站            | 17,900 | 20,800 | 24,300 | 26,800 | 29,100 | 35,064      | >200         |
|             | 荖濃溪 | 里港大橋            | 14,000 | 16,300 | 19,100 | 21,100 | 23,000 | 25,320      | >200         |
|             |     | 荖濃溪與隘<br>寮溪合流前  | 9,370  | 10,900 | 12,800 | 14,200 | 15,500 | 19,241      | >200         |
|             |     | 新發大橋站<br>(原荖濃站) | 6,400  | 7,350  | 8,470  | 9,240  | 9,960  | 12,106      | >200         |
|             | 旗山溪 | 旗山溪出口           | 5,380  | 6,190  | 7,130  | 7,780  | 8,380  | 9,308       | >200         |
|             |     | 月眉站             | 4,160  | 4,780  | 5,500  | 5,990  | 6,440  | 6,840       | >200         |
|             | 隘寮溪 | 隘寮溪出口           | 5,180  | 6,230  | 7,590  | 8,600  | 9,610  | 8,657       | 約 100        |
|             |     | 三地門站            | 3,780  | 4,530  | 5,470  | 6,150  | 6,810  | 5,857       | 約 75         |
|             | 美濃溪 | 美濃溪出口           | 750    | 850    | 980    | 1,060  | 1,145  | 1,045       | 約 100        |

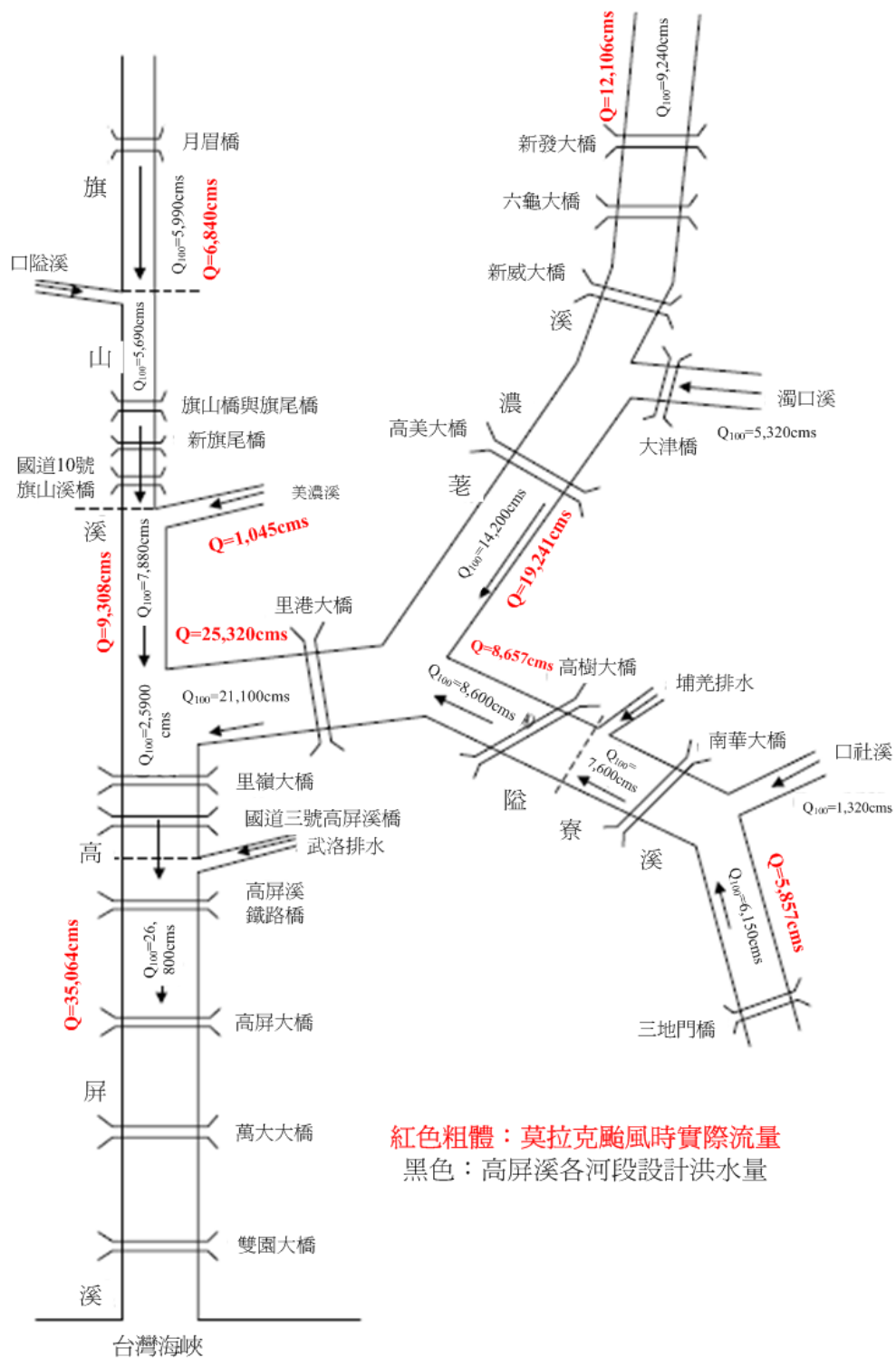


圖 3.2.1 莫拉克颱風高屏河流域各河段洪峰流量推估值  
【經濟部水利署】

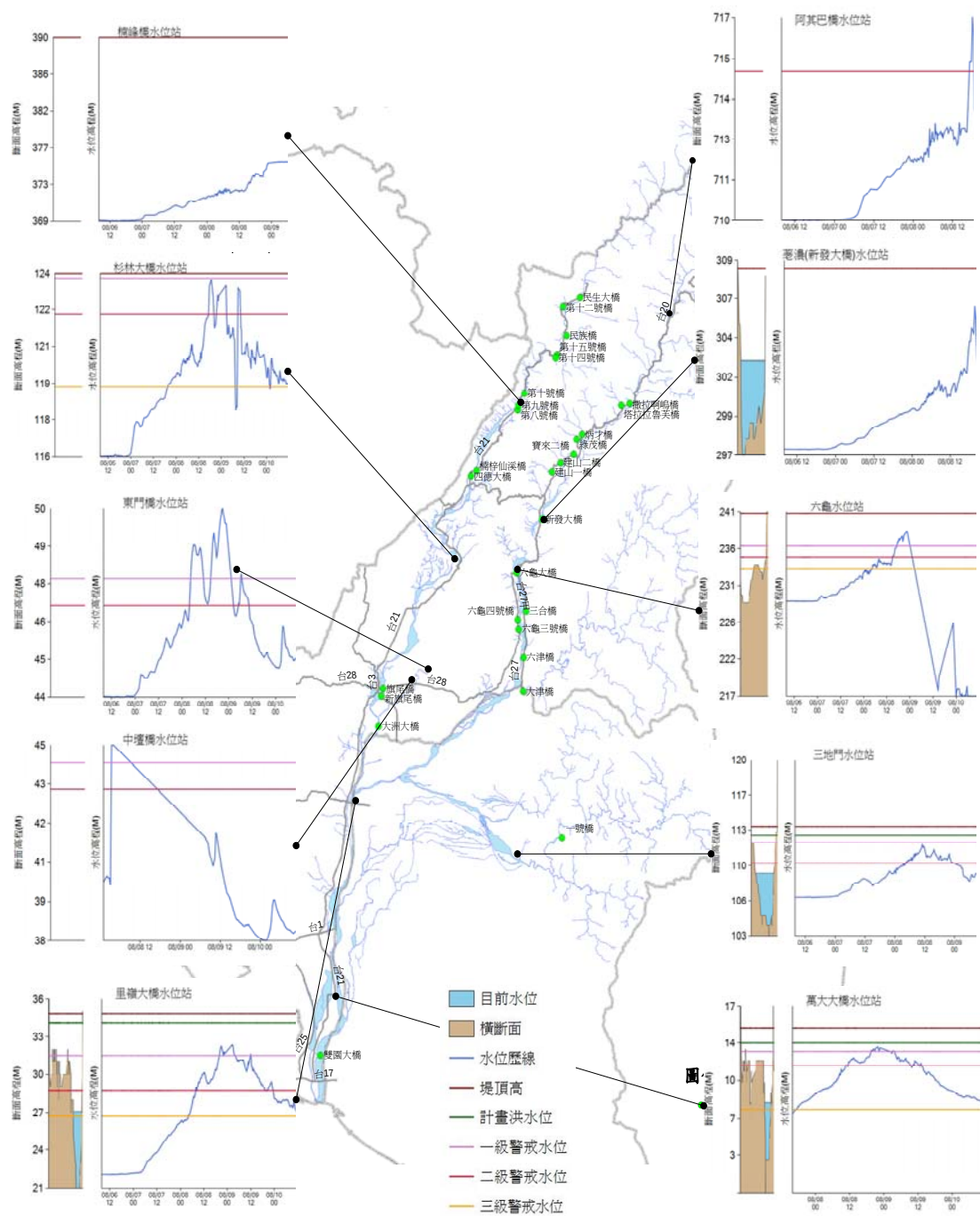


圖 3.2.2 高屏溪河系時序列水位變化紀錄

逐一觀測各水位站水位資料(圖 3.2.3)，最大水位發生時間點、水位增加速率及水位增高量各有所異。水位增加速率最大區間表示此期間內水位劇增，水位遽然上升，橋墩承受洪水及土石流撞擊面積增加，造成橋基結構嚴重破壞。圖中顯示多數水位站主要於 8 月 7 日零時開始快速遞增，並接近於 8 月 9 日零時達到峰值，之後便開始下降，此現象與此次颱風降雨特性不謀而合(如圖 3.1.3與圖 3.1.4)。再由各水位觀測站之資料可發現在高程 200 公尺以上之觀測站在達到最高水位之前即損壞，而高程在 100 公尺以下之觀測站才具有完整水位歷時資料。由實測水位歷時可明顯發現在高程 100 公尺以下之河川水位皆從 8 月 7 日降雨強度持續加大時，水位流量即幾乎同時快速提昇。而 8 月 9 日降雨稍緩和後，水位流量亦隨之下降。顯示高屏溪上游之集水區對降雨之遲滯性不佳，上游降雨很快即由河道輸送到下游出海，因此高流速和攜帶高懸浮載之河水對河床之沖刷及構造物皆具有嚴重之破壞性。

就流域特性而言，洪峰發生時間、最高水位發生時間，單一河系內之水位測站，應有一定時間序列上關連性，然而此次莫拉克颱風期間，單就測站而言並無法直接歸納出此特性，可推測在超大豪雨量降下，使得河道因土石流淤塞而改變流路、堰塞湖影響水位歷線、河道漫延等無法預期之現象。故依據上游歷年降雨雨量資料統計，作為特徵雨量站，當作下游橋梁封閉之判斷值，此種預測方式，就超大豪雨造成洪水蔓延、土石淤塞嚴重情況下，尚須進行長期的研究，方可了解其可行性。如須對橋梁做出有效安全預警研判，必須從降雨逕流、水文水理推算、橋梁安全風險評估等程序，並輔以颱洪前有效的橋梁檢測準備工作，如此縝密配合才能保障國人用路安全。由時序列水位變化曲線可知，此次莫拉克期間在河道堵塞、洪水蔓延情況下，上下游水位站洪峰發生時間點相當接近，洪峰發生時間幾乎都在 8 月 9 日零時左右，可見洪水由上游往下游流動的水流速度極快，欲透過上游水位置下游水位遞減之變化趨勢來達到預警的功能，其時間甚為短暫，因此須考量直接由未來降雨量的預測，方能達到預警之功效。

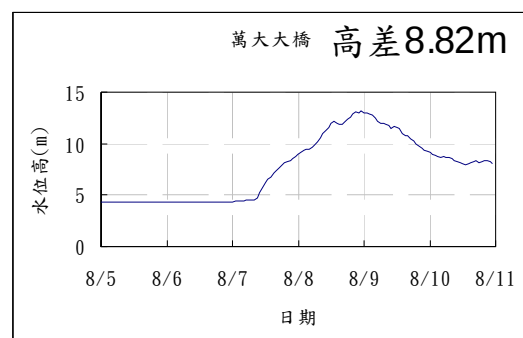
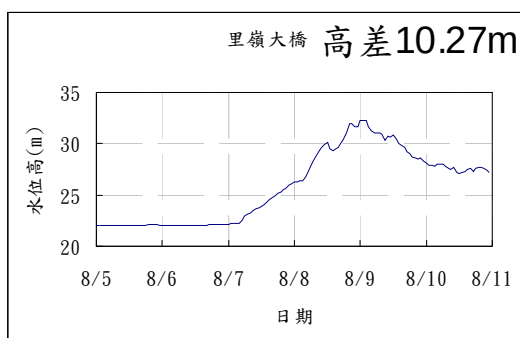
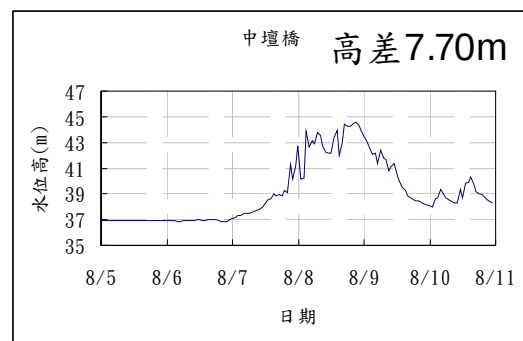
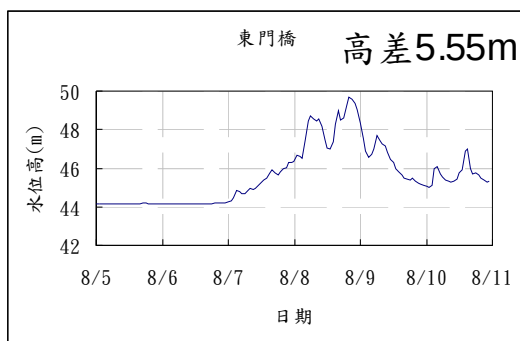
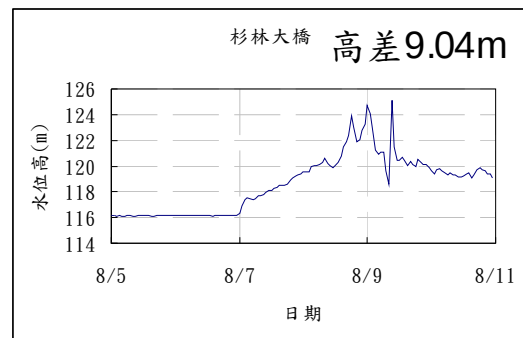
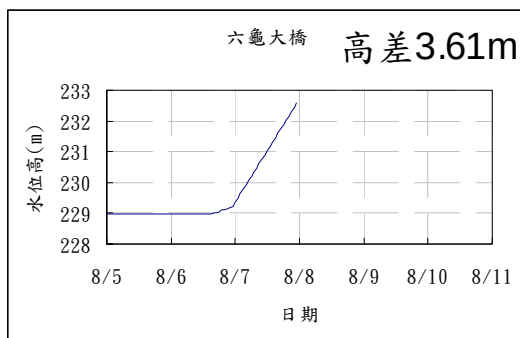
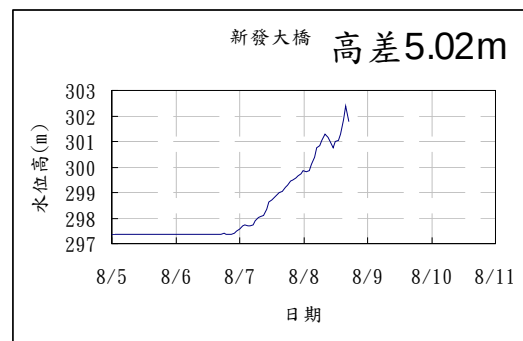
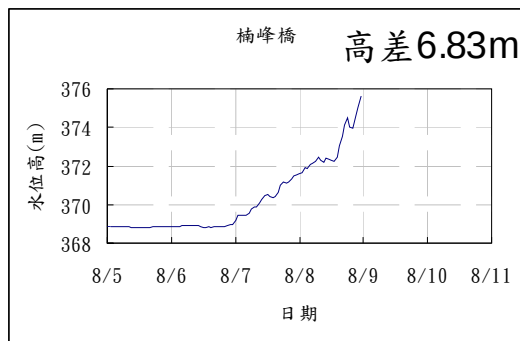


圖 3.2.3 高屏溪流域各水位站歷時曲線

### 3.3 河域內災害特性分析

莫拉克颱風期間所挾帶的罕見高強度降雨，造成中南部地區發生坡地滑動、土石流、堰塞湖、漂流木掛淤等災害，這些災害影響橋梁結構安全，本節針對此次莫拉克所產生之堰塞湖、土石流及崩塌地等災害影響，說明這些環境因子對於橋梁安全之影響。

#### 一、堰塞湖

由自然環境產生之天然壩體，其壩體結構之穩定性與安全性均遠不及由人工所建築之混凝土壩，多數天然壩體係因地震及降雨事件所致，而成因多因崩塌、地滑、土石流堵塞河道所引起。而當壩體因沖蝕或不斷的增加水位超過土體承载力，造成土體結構不穩定，進而造成潰決發生，當潰壩形成時，洪水挾帶大量土石流至下游，瞬間的崩落過程造成河川兩岸房屋及人員的掩埋。此次莫拉克颱風襲擊中南部，並於中南部山區降下超大豪雨，其受害規模與程度不亞於 921 地震，高強度的降雨使得山坡地崩落、大量土石崩落阻塞河道，這些堆積的土石在中南部形成大小不同共約 17 座堰塞湖，而在高屏地區造成 10 處(表 3.3.1)，其中荖濃溪流域上 7 處，旗山溪流域上 2 處。大部份堰塞湖主要發生在高程 500 公尺至 1,000 公尺之間的區域，另一處 4 號堰塞湖位於隘寮溪上游，發生在高程 134 公尺處，統計各堰塞湖 10 公里範圍內的橋梁數量，顯示位於高程 500 公尺至 1,000 公尺間的堰塞湖其影響橋梁數量約 4 至 5 座。再由堰塞湖與鄰近雨量站之關係顯示兩日降雨強度均大於 1,100 mm 以上，兩日平均降雨強度則大於 20 mm/hr。

由現場調查資料得知，多數堰塞湖形成地點，位於破壞橋梁附近，如旗山溪堰塞湖(編號 3 堰塞湖，鄰近第八、九與十號橋)、荖濃溪堰塞湖(編號 2 堰塞湖，近建山二橋與寶來一與二號橋間)、荖濃溪支流濁口溪堰塞湖(編號 4 堰塞湖，鄰近大津橋)。堰塞湖瞬間潰決時所帶來的大量洪水及土石流，對橋墩所造成之集中載重作用力，破壞橋基結構物

甚鉅。然堰塞湖對於橋梁破壞是否有直接影響，由於觀測範圍寬廣、不易觀察且災時數據量化不易，與橋梁結構物破壞關聯特性較難以釐清，只能研判水位站資訊並於災後推估，除非經由現場居民訪查確認後，才可確定堰塞湖直接造成結構物的損壞。然而透過 97 年調查資料可以概略得知堰塞湖與橋梁間的相對位置關係，各堰塞湖與橋梁間的關係如(圖 3.3.1與圖 3.3.2)，約略分為四個區域，各堰塞湖依河川位置說明如下：

#### (一)老濃溪

0 號、1 號、6 號、7 號與 9 號等 5 個堰塞湖鄰近於榮光一橋、復興橋、青山橋、明德橋、勤和橋、東莊橋、撒拉阿鳴橋、勝境橋、萬年橋、炳才橋與綠茂橋等 11 座橋梁，5 個堰塞湖中有 3 個堰塞湖高程主要分布於 850 公尺至 1,000 公尺之間，而受損的 11 座橋梁之高程介於 500 公尺至 900 公尺之間，由唯金溪橋之高程 1,049 公尺與橋長 24 公尺，可知堰塞湖發生區域上游之河道狹窄可能為此區段發生堰塞湖的主因；2 號堰塞湖高程為 530 公尺，鄰近於建山二橋、建山一橋、寶來二橋、新發大橋與六龜大橋等 5 座橋梁，其上游為炳才橋(高程 544 公尺)與綠茂橋(高程 541 公尺)，橋長分別僅 32.4 公尺與 42 公尺，由此可知，此處亦為河道斷面較狹窄處，較容易造成土石淤積於此河道區段而形成堰塞湖。4 號堰塞湖高程為 134 公尺，其僅鄰近於大津橋。5 號堰塞湖位於口社溪上，附近並無毀損橋梁。

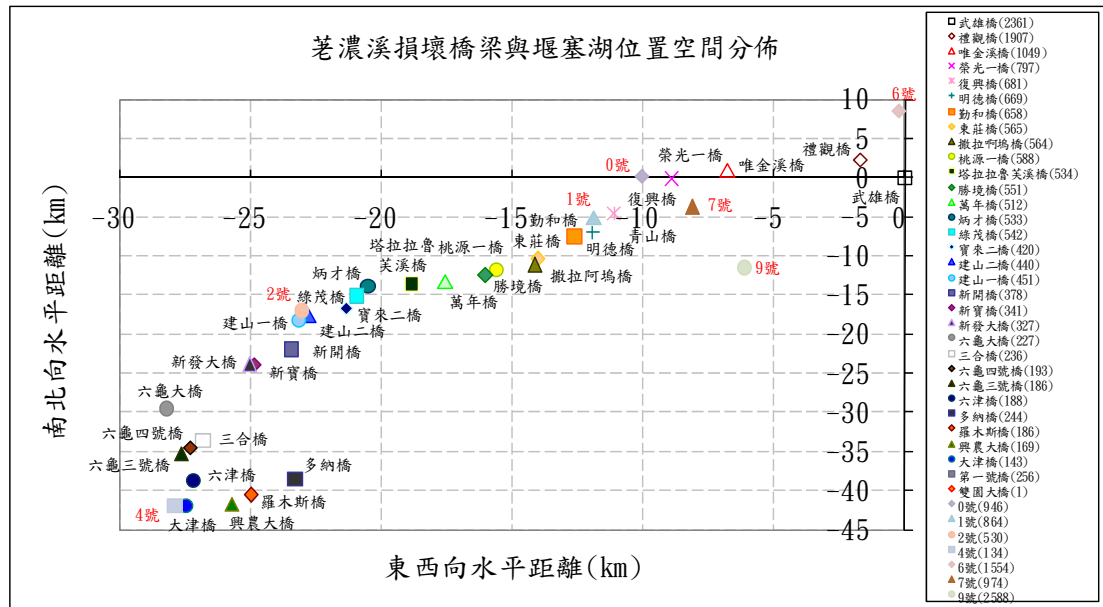


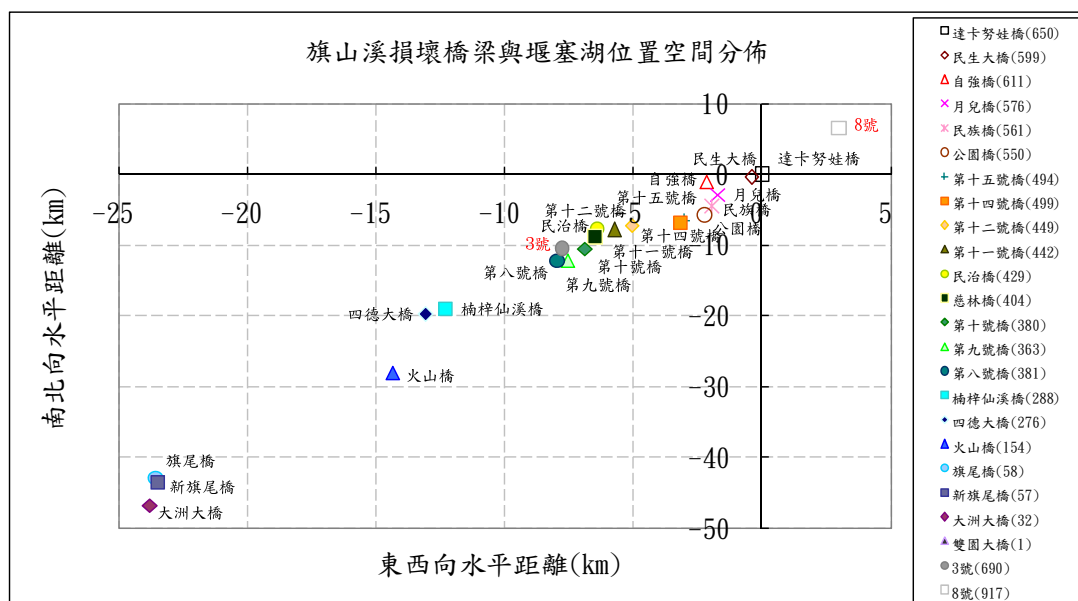
圖 3.3.1 荖濃溪堰塞湖與鄰近橋梁空間關係位置圖

## (二)旗山溪

3 號堰塞湖高程為 690 公尺，其鄰近於第十號橋、第九號橋、第八號橋、楠梓仙溪橋與四德大橋等 5 座橋梁；8 號堰塞湖高程為 917 公尺，其位於旗山溪上游處，鄰近於達卡努娃橋、民生大橋、自強橋與第十二號橋等 4 座橋梁。

針對崩塌之土石堆積淤塞河道形成堰塞湖，須具備以下幾點條件(匡尚富 1994)：1. 發生坡地崩塌；2. 崩塌土體能到達河床及對岸 3. 到達河床的土體不因水流作用產生流動 4. 河床水流的挾沙能力、沖刷力較小，無法瞬間坍塌土體。由堰塞湖發生所在地，可發現堰塞湖形成地區多在河道狹窄、蜿蜒且河川兩岸坡度陡峭之山區，主河道上較不易形成堰塞湖。(除編號 4、8 為主河道上外，其餘皆在主河道上之支流)。再由荖濃溪堰塞湖分佈位置可知高程 850 公尺至 1,000 公尺主要為老濃溪的第一段堰塞湖好發區，而高程 550 公尺約為堰塞湖的第二個好發區；再從旗山溪的部分亦可得知高程 700 公尺與 900 公尺為堰塞湖好發區。由此可知在高程 800 公尺至 900 公尺區段內需特別注意堰塞湖發生的可能性，且其下游處之橋梁須注意堰塞湖潰決時之破壞。





**圖 3.3.2 旗山溪堰塞湖與鄰近橋梁空間關係位置圖**

**表 3.3.1 莫拉克期間高屏地區堰塞湖狀況【陳與許】**

| 編號 | 縣市  | 座標<br>(TM97) | 高程<br>(m) | 鄰近雨量<br>站與距離 | 名稱                             | 備註                                                        |
|----|-----|--------------|-----------|--------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 0  | 高雄縣 | X:231000     | 946       | 梅山<br>1.1 公里 | 荖濃溪支流堰塞湖<br>(桃源鄉梅山村)           | 已於 98 年 8 月 11 日潰決,無安全問題。                                 |
|    |     | Y:2573500    |           |              |                                |                                                           |
| 1  | 高雄縣 | X:229171     | 867       | 梅山<br>5.2 公里 | 荖濃溪堰塞湖(桃源<br>鄉復興村)             | 已於 8 月 13 日 12 時潰決,無安全問題。                                 |
|    |     | Y:2568207    |           |              |                                |                                                           |
| 2  | 高雄縣 | X:218000     | 530       | 高中<br>4.2 公里 | 荖濃溪主流堰塞湖<br>(六龜鄉寶來一、二<br>號橋間)  | 已於 8 月 11 日 21 時潰決,無安全問題。                                 |
|    |     | Y:2556400    |           |              |                                |                                                           |
| 3  | 高雄縣 | X:213105     | 690       | 民族<br>6.7 公里 | 旗山溪堰塞湖(甲仙<br>鄉小林村)             | 小林村後方坡地發生大規模崩滑,除掩<br>埋小林村外,並橫跨旗山溪形成堰塞<br>湖,目前堰塞湖已潰決。      |
|    |     | Y:2563555    |           |              |                                |                                                           |
| 4  | 屏東縣 | X:213148     | 134       | 新豐<br>0.6 公里 | 荖濃溪支流濁口溪<br>堰塞湖(高樹鄉新豐<br>村)    | 已潰決,無安全問題。                                                |
|    |     | Y:2531484    |           |              |                                |                                                           |
| 5  | 屏東縣 | X:217598     | 809       | -            | 口社溪(沙卡蘭溪)<br>上游堰塞湖(三地門<br>鄉)   | 已於 8 月 12 日潰決,無安全問題。                                      |
|    |     | Y:2524692    |           | -            |                                |                                                           |
| 6  | 高雄縣 | X:240835     | 1554      | -            | 荖濃溪主流上游堰<br>塞湖(桃源鄉梅山<br>村)     | 距下游保全對象約 20 公里,初步評估<br>目前尚無立即危險,惟如上游持續降<br>雨,將建議地方政府進行疏散。 |
|    |     | Y:2581946    |           | -            |                                |                                                           |
| 7  | 高雄縣 | X:232959     | 974       | 梅山<br>5.2 公里 | 荖濃溪支流拉克斯<br>溪上游堰塞湖(桃源<br>鄉樟山村) | 距下游保全對象約 8 公里,初步評估目<br>前尚無立即危險,惟如上游持續降雨,<br>建議地方政府進行疏散。   |
|    |     | Y:2569655    |           |              |                                |                                                           |

|   |     |           |       |   |                       |                                                          |
|---|-----|-----------|-------|---|-----------------------|----------------------------------------------------------|
| 8 | 高雄縣 | X:223850  | 917   | - | 旗山溪上游堰塞湖(那瑪夏鄉)        | 距下游保全對象(那瑪夏鄉民生村)約 7 公里，初步評估目前尚無立即危險，惟如上游持續降雨，建議地方政府進行疏散。 |
|   |     | Y:2580587 |       | - |                       |                                                          |
| 9 | 高雄縣 | X:234942  | 2,588 | - | 荖濃溪支流寶來溪上游堰塞湖(桃源鄉寶山村) | 距下游保全對象約 26 公里，初步評估目前尚無立即危險，惟如上游持續降雨，建議地方政府進行疏散。         |
|   |     | Y:2561910 |       | - |                       |                                                          |

## 二、土石災害

莫拉克颱風期間持續高強度降雨之下，雨水滲入地層中、地下水位升高，土體孔隙水壓上升、覆土壓力減少，改變土體剪力強度、土壤摩擦力與穩定性，在持續的降雨作用下易造成坡地的滑動與坍塌。由行政院農業委員會水土保持局於土石流防災資訊網所公告之重大土石災情報告中，顯示位於高雄市的土石災情共計 42 處(如表 3.3.2 所述)，其中屬於荖濃溪流域的有桃源區 7 處、六龜區 16 處與茂林區 1 處，共 24 處；而屬於旗山溪流域的有那瑪夏區 4 處、甲仙區 12 處與杉林區 2 處，共 18 處。各種土石災情中包含崩塌、土石流、洪水與地滑等災害類型。然而為了瞭解各土石災害發生點與損壞橋梁空間上的相對影響關係，首先以荖濃溪最上游處的武雄橋(高程 2,361 公尺)為原點，點繪出荖濃溪沿線各橋梁與土石災害的位置，如圖 3.3.3 可發現土石災害的分布範圍依高程約介於建山一橋至六龜四號橋之間，即高程約為 450 公尺至 200 公尺之間，其東西向水平距離約為 10 公里，南北向垂直距離約 25 公里；且 24 處災害地點主要集中在建山二橋、建山一橋、新開橋、新寶橋與新發大橋附近。再由圖 3.3.4 旗山溪沿線各土石災害與損壞橋梁關係圖，可知土石災害之分布範圍依高程介於第九號橋至四德大橋之間，即高程為 400 公尺至 300 公尺之間，東西向水平距離約 10 公里，南北向水平距離約 15 公里；在 18 處土石災害地點主要集中在第九號橋、第八號橋與楠梓仙溪橋附近。

表 3.3.2 土石災害資料表

| 災害<br>標號  | 災區位置                           | 道路                    | TWD97<br>X 坐標 | TWD97<br>Y 坐標 | 發生<br>時間     | 災害類型                    | 參考<br>雨量站      | 警戒雨<br>量(mm) | 有效累積<br>雨量(mm) | 降雨強度<br>(mm/hr) |
|-----------|--------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|
| 桃源<br>001 | 桃源鄉建山村(建山<br>二橋)               | 台 20 線<br>78.4k       | 218240        | 2555745       | 8/8<br>17:00 | 土石流(高<br>縣 DF061)       | 復興<br>(C1V210) | 450          | 732.6          | 86.5            |
| 桃源<br>002 | 桃源鄉梅山村(梅山<br>派出所後方)            |                       | 232221        | 2573545       | 8/8<br>16:00 | 崩塌                      | 復興<br>(C1V210) | 450          | 647.4          | 74              |
| 桃源<br>003 | 桃源鄉寶山村(寶山)                     |                       | 220139        | 2548369       | 8/8<br>17:00 | 地滑                      | 復興<br>(C1V210) | 450          | 732.6          | 86.5            |
| 桃源<br>004 | 桃源鄉寶山村(寶山<br>村二集團分校)           |                       | 221506        | 2550485       | 8/8<br>22:00 | 地滑                      | 復興<br>(C1V210) | 450          | 1048.7         | 88.5            |
| 桃源<br>005 | 桃源鄉寶山村(新藤<br>枝部落)              |                       | 224124        | 2551583       | 8/8<br>22:00 | 地滑                      | 復興<br>(C1V210) | 450          | 1048.7         | 88.5            |
| 桃源<br>006 | 桃源鄉寶山村(舊藤<br>枝部落)              |                       | 224914        | 2551728       | 8/8<br>22:00 | 地滑                      | 復興<br>(C1V210) | 450          | 1048.7         | 88.5            |
| 桃源<br>007 | 桃源鄉梅蘭村(樟山<br>國小)               |                       | 231588        | 2572274       | 8/8<br>16:00 | 土石流                     | 復興<br>(C1V210) | 450          | 647.4          | 74              |
| 六龜<br>001 | 六龜鄉大津村(津鳳<br>宮)                |                       | 214010        | 2533640       | 8/8<br>09:00 | 土石流(高<br>縣 DF046)       | 大津<br>C1V340   | 400          | 534.5          | 32.5            |
| 六龜<br>002 | 六龜鄉新發村                         | 高 133 線<br>4.5K       | 218120        | 2552950       | 8/8<br>20:00 | 土石流(高<br>縣 DF052)<br>崩塌 | 新發<br>C1V240   | 400          | 1271.6         | 56              |
| 六龜<br>003 | 六龜鄉新發村(新開<br>部落)               | 高 133 線<br>7.2K       | 217292        | 2551284       | 8/8<br>21:00 | 土石流<br>崩塌               | 新發<br>C1V240   | 400          | 1330.7         | 63.5            |
| 六龜<br>004 | 六龜中興村                          | 台 27 線<br>13K         | 214000        | 2542255       | 8/8<br>20:00 | 土石流(高<br>縣 DF050)<br>洪水 | 新發<br>C1V240   | 400          | 1271.6         | 56              |
| 六龜<br>005 | 六龜鄉興龍村(妙崇<br>寺)                | 台 27 線舊<br>潭二號橋南<br>端 | 216088        | 2545472       | 8/9<br>04:00 | 崩塌                      | 新發<br>C1V240   | 400          | 1525           | 27              |
| 六龜<br>006 | 六龜鄉中興村 24 鄰<br>(大智瀑布北側)        | 台 27 線<br>17K         | 213302        | 2538429       | 8/7<br>20:00 | 土石流(高<br>縣 DF048)       | 新發<br>C1V240   | 400          | 290.1          | 15.5            |
| 六龜<br>007 | 六龜鄉興龍村(舊潭<br>橋)                | 台 27 線<br>7.5K        | 215792        | 2545885       | 8/8<br>15:00 | 洪水<br>崩塌                | 新發<br>C1V240   | 400          | 920.8          | 95.5            |
| 六龜<br>008 | 六龜鄉寶來村 17 鄰<br>(竹林地區-瓏美山<br>莊) |                       | 221973        | 2555585       | 8/9<br>06:00 | 崩塌                      | 新發<br>C1V240   | 400          | 1585.6         | 35.5            |
| 六龜<br>009 | 六龜鄉新發村 6 鄰                     |                       | 215812        | 2547379       | 8/9<br>06:00 | 土石流                     | 新發<br>C1V240   | 400          | 1585.6         | 35.5            |
| 六龜<br>010 | 六龜鄉新發村 14 鄰                    |                       | 215816        | 2547873       | 8/9<br>06:00 | 崩塌                      | 新發<br>C1V240   | 400          | 1585.6         | 35.5            |
| 六龜<br>011 | 六龜鄉寶來村(五龍<br>宮)                | 台 20                  | 217318        | 2555478       | 8/7<br>21:00 | 土石流(高<br>縣 DF043)       | 新發<br>C1V240   | 400          | 308.9          | 18.5            |
| 六龜<br>012 | 六龜鄉寶來村(建山<br>一橋)               | 台 20 線<br>76.5k       | 217200        | 2554780       | 8/8<br>17:00 | 土石流<br>崩塌               | 新發<br>C1V240   | 400          | 1046.1         | 71              |
| 六龜<br>013 | 六龜鄉新發村(六龜<br>大佛)               |                       | 217010        | 2550443       | 8/8<br>21:00 | 土石流<br>崩塌               | 新發<br>C1V240   | 400          | 1330.7         | 63.5            |
| 六龜<br>014 | 六龜鄉寶來村(大埔<br>村落)               |                       | 217520        | 2555428       | 8/7<br>21:00 | 土石流(高<br>縣 DF043)       | 新發<br>C1V240   | 400          | 308.9          | 18.5            |
| 六龜<br>015 | 六龜鄉興龍村(圳頭<br>埔村落)              |                       | 214968        | 2544224       | 8/8<br>17:00 | 崩塌                      | 新發<br>C1V240   | 400          | 1046           | 71              |
| 六龜<br>016 | 六龜鄉六龜村(彩蝶<br>谷 20 鄰)           |                       | 213813        | 2546466       | 8/8<br>17:00 | 崩塌                      | 新發<br>C1V240   | 400          | 1046.1         | 71              |
| 茂林<br>001 | 茂林鄉萬山村                         | 高 132 線<br>6.6k       | 217161        | 2534363       | 8/9<br>04:00 | 崩塌                      | 大津<br>(C1V340) | 400          | 993.9          | 25              |
| 甲仙<br>001 | 甲仙鄉小林村(小林<br>國小)               | 台 21 線<br>224k        | 213479        | 2562097       | 8/9<br>06:00 | 崩塌<br>洪水                | 甲仙<br>C0V250   | 450          | 1545.1         | 43              |
| 甲仙<br>002 | 甲仙鄉西安村(和南<br>巷 42 號附近)         |                       | 208242        | 2551287       | 8/8<br>20:00 | 崩塌<br>土石流               | 甲仙<br>C0V250   | 450          | 1257.1         | 42.5            |

|                |                       |                  |        |         |              |                     |                |     |         |      |
|----------------|-----------------------|------------------|--------|---------|--------------|---------------------|----------------|-----|---------|------|
| 甲仙<br>003      | 甲仙鄉西安村(樂群巷 8-22 號附近)  |                  | 208755 | 2552247 | 8/8<br>23:00 | 崩塌                  | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1411.2  | 54.5 |
| 甲仙<br>004      | 甲仙鄉東安村(崩坪溪油礦四號橋)      |                  | 210455 | 2554959 | 8/8<br>20:00 | 土石流(高縣 DF017)       | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1257.1  | 42.5 |
| 甲仙<br>005      | 甲仙鄉東安村(三山國王廟)         |                  | 211780 | 2552632 | 8/9<br>05:00 | 崩塌<br>洪水            | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1506.9  | 22.5 |
| 甲仙<br>006      | 甲仙鄉大田村(仙橋處)           | 高 129 線<br>1.1K  | 203840 | 2550328 | 8/8<br>22:00 | 洪水<br>土石流(高縣 DF013) | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1328.5  | 42.5 |
| 甲仙<br>007      | 甲仙鄉小林村(北勢巷 1 號)       |                  | 210309 | 2558594 | 8/8<br>19:00 | 洪水<br>崩塌            | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1285.5  | 70   |
| 甲仙<br>008      | 甲仙鄉小林村(錦地巷 1 鄰 3 號民宅) | 台 21 線<br>229.5k | 211503 | 2558844 | 8/8<br>06:00 | 洪水<br>崩塌            | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 625.9   | 42.5 |
| 甲仙<br>009      | 甲仙鄉關山村(關山社區)          |                  | 209757 | 2556474 | 8/8<br>20:00 | 土石流(高縣 DF010)<br>洪水 | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1328    | 42.5 |
| 甲仙<br>010      | 甲仙鄉關山村(關西巷 10-11 鄰)   |                  | 209285 | 2558008 | 8/8<br>06:00 | 洪水                  | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 497.2   | 19.5 |
| 甲仙<br>011      | 甲仙鄉東安村(咖啡巷 11 鄰)      |                  | 210209 | 2552665 | 8/8<br>21:00 | 土石流(高縣 DF016)       | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1395.51 | 67.5 |
| 甲仙<br>012      | 甲仙鄉小林村(第六號橋)          | 台 21 線<br>174k   | 211501 | 2558913 | 8/8<br>06:00 | 崩塌                  | 甲仙<br>C0V250   | 450 | 1257.1  | 42.5 |
| 杉林<br>001      | 杉林鄉集來村(火山橋)           | 台 21 線<br>249k   | 206646 | 2545629 | 8/9<br>05:00 | 土石流(高縣 DF020)       | 月眉<br>(C1V260) | 450 | 1030.8  | 37   |
| 杉林<br>002      | 杉林鄉木梓村(奇潭橋)           | 高 129 線<br>3.2k  | 202840 | 2548950 | 8/8<br>16:00 | 洪水                  | 月眉<br>(C1V260) | 450 | 751.5   | 15.5 |
| 那瑪<br>夏<br>001 | 那瑪夏鄉瑪雅村(月兒橋旁文物館)      | 台 21             | 219053 | 2571064 | 8/8<br>16:00 | 土石流                 | 民生<br>(C1V160) | 500 | 712.6   | 89   |
| 那瑪<br>夏<br>002 | 那瑪夏鄉瑪雅村(三民國小)         | 台 21             | 219088 | 2570763 | 8/8<br>16:00 | 土石流(高縣 DF003)       | 民生<br>(C1V160) | 500 | 712.6   | 89   |
| 那瑪<br>夏<br>003 | 那瑪夏鄉南沙魯村(三景宮)         |                  | 218648 | 2568618 | 8/9<br>17:00 | 土石流(高縣 DF004)<br>崩塌 | 民生<br>(C1V160) | 500 | 1409.9  | 9.5  |
| 那瑪<br>夏<br>004 | 那瑪夏鄉南沙魯村              |                  | 214750 | 2568189 | 8/9<br>09:00 | 崩塌                  | 民生<br>(C1V160) | 250 | 1403.3  | 30.5 |

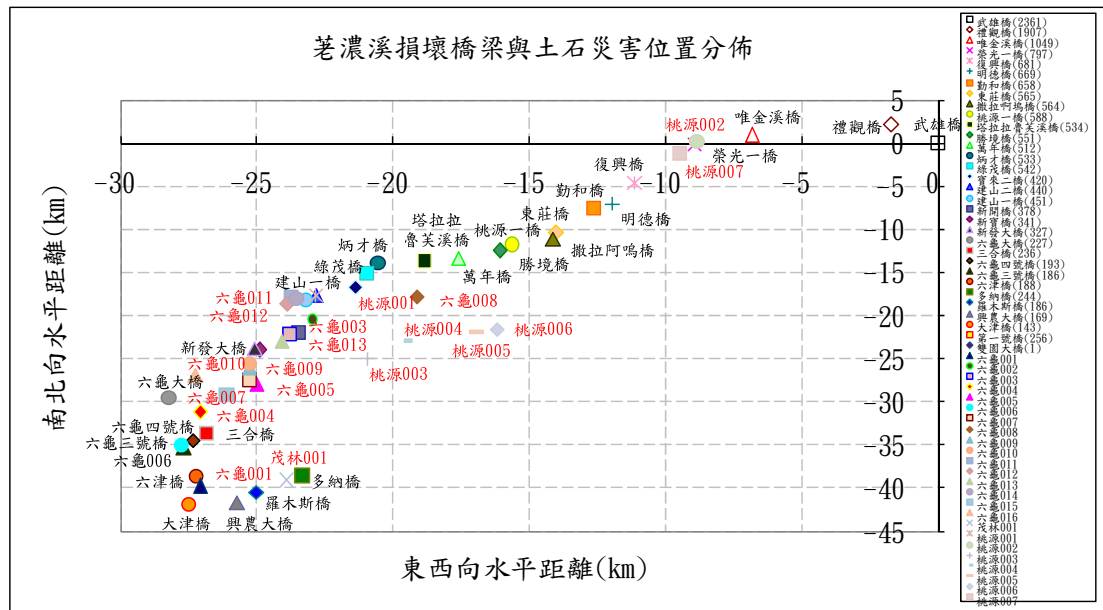


圖 3.3.3 荖濃溪各土石災害與損壞橋梁相關位置圖

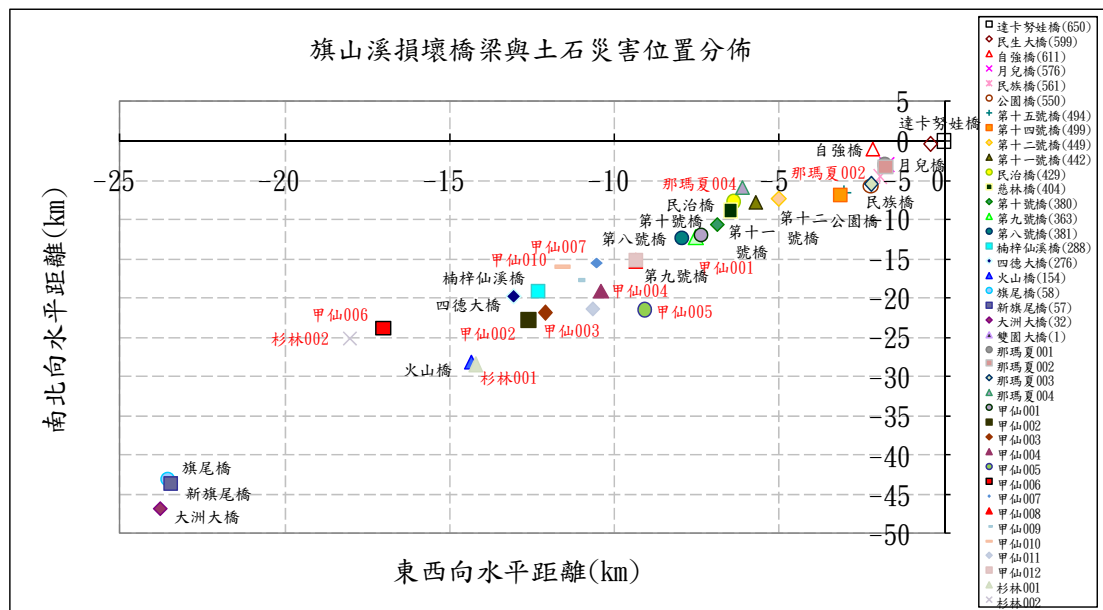


圖 3.3.4 旗山溪各土石災害與損壞橋梁相關位置圖

### 三、土石流潛勢溪流

依據行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網公布的高雄市土石流潛勢溪流共有 89 條潛勢溪流，依其發生潛勢可分為高、中、

低與觀察中等四種層級，其中高潛勢土石溪流有 46 條，中潛勢土石溪流有 19 條，低潛勢土石溪流 19 條，剩餘的 5 條為觀察中潛勢溪流；再依其所在流域，其分布位置分別為荖濃溪沿線的桃源區有 12 條、六龜區有 18 條、美濃區有 8 條，共 38 條土石潛勢溪流；旗山溪沿線的那瑪夏區有 14 條、甲仙區有 14 條、杉林區有 4 條、旗山區有 7 條，共 39 條潛勢土石溪流；濁口溪沿線的茂林區有 3 條潛勢土石溪流；隘寮北溪沿線的屏東縣霧臺鄉有 2 條潛勢溪流(如表 3.3.3所述)。土石災害地點，多數位於土石流潛勢溪流附近，可知土石流潛勢溪流附近為崩塌的高危險災害潛勢區域，且多數橋梁損毀地點，也位於土石流潛勢溪流下游側(圖 3.3.5)。為了解土石流潛勢溪流與損壞橋梁間之位置分佈特性，繪製得如圖 3.3.6與圖 3.3.7荖濃溪與旗山溪兩河川沿線之土石流潛勢溪流與損壞橋梁位置關係圖。由圖 3.3.6可觀察出土石流潛勢溪流主要影響區域分為兩個區段，第一個區段為撒啦阿塢橋至榮光一橋之間，即高程 550 公尺至 800 公尺之間，另一區段為寶來二橋至大津橋之間，即高程為 450 公尺至 100 公尺之間；圖 3.3.7為旗山溪土石流潛勢溪流與損壞橋梁關係圖，圖中顯示旗山溪沿線的土石流潛勢溪流分布相當密集，其土石流潛勢溪流分布位置涵蓋了整個旗山溪沿線。

表 3.3.3 土石潛勢溪流資料表

| 編號       | 鄉鎮  | 村里   | 溪流名稱   | 地標             | 發生潛勢 | 保全住戶  | 舊溪流編號    | 警戒值 |
|----------|-----|------|--------|----------------|------|-------|----------|-----|
| 高縣 DF084 | 桃源區 | 拉芙蘭里 | -      | 台 20 線 107.9K  | 高    | 1~4 戶 | 高縣 S99-3 | 200 |
| 高縣 DF085 | 桃源區 | 拉芙蘭里 | -      | 台 20 線 107.85K | 高    | 5 戶以上 | 高縣 S99-1 | 200 |
| 高縣 DF086 | 桃源區 | 拉芙蘭里 | -      | 樟山國小           | 高    | 5 戶以上 | 高縣 S99-2 | 200 |
| 高縣 DF042 | 桃源區 | 建山里  | 美輪山    | 建山國小           | 中    | 5 戶以上 | 高雄 A027  | 200 |
| 高縣 DF061 | 桃源區 | 建山里  | 建山二橋野溪 | 建國橋、建山二號       | 高    | 無     | 高雄 S97-4 | 200 |
| 高縣 DF060 | 桃源區 | 桃源里  | 塔羅留溪   | 桃源鄉公所          | 高    | 5 戶以上 | 高雄 A009  | 200 |
| 高縣 DF057 | 桃源區 | 桃源里  | 唐布那斯溪  | 鎮安宮            | 持續觀察 | 無     | 高雄 001   | 200 |
| 高縣       | 桃源  | 桃源里  | 塔羅留溪   | 鎮安宮            | 高    | 5 戶以  | 高雄 A008  | 200 |

|             |         |     |             |                      |   |           |                     |     |
|-------------|---------|-----|-------------|----------------------|---|-----------|---------------------|-----|
| DF059       | 區       |     |             |                      |   | 上         |                     |     |
| 高縣<br>DF055 | 桃源<br>區 | 梅山里 | 良楠          | 榮光二橋                 | 中 | 1~4 戶     | 高雄 A005             | 200 |
| 高縣<br>DF056 | 桃源<br>區 | 復興里 | 拉克斯溪        | 樟山國小復興分<br>班         | 高 | 5 戶以<br>上 | 高雄 A006             | 200 |
| 高縣<br>DF058 | 桃源<br>區 | 勤和里 | 唐布那斯<br>溪   | 桃源國中                 | 高 | 1~4 戶     | 高雄 A007             | 200 |
| 高縣<br>DF079 | 桃源<br>區 | 勤和里 | -           | 東莊橋                  | 高 | 5 戶以<br>上 | 高縣 S99-9            | 200 |
| 高縣<br>DF046 | 六龜<br>區 | 大津里 | 大津靈修<br>地野溪 | 台 27 線 22K、大<br>津靈修地 | 高 | 1~4 戶     | 98 年新增(高<br>雄 T001) | 200 |
| 高縣<br>DF047 | 六龜<br>區 | 大津里 | 真我山         | -                    | 高 | 無         | 高雄 A032             | 200 |
| 高縣<br>DF072 | 六龜<br>區 | 大津里 | -           | 津鳳宮                  | 高 | 5 戶以<br>上 | 高縣 S98-07           | 200 |
| 高縣<br>DF048 | 六龜<br>區 | 中興里 | 真我山         | 第七號橋                 | 中 | 無         | 高雄 A031             | 200 |
| 高縣<br>DF049 | 六龜<br>區 | 中興里 | 兔和山南        | 第五號橋                 | 低 | 1~4 戶     | 高雄 003              | 200 |
| 高縣<br>DF050 | 六龜<br>區 | 中興里 | 兔和山南        | 龍興國小                 | 低 | 5 戶以<br>上 | 高雄 002              | 200 |
| 高縣<br>DF045 | 六龜<br>區 | 文武里 | -           | 文武橋、佛真寺              | 中 | 5 戶以<br>上 | 高雄 A030             | 200 |
| 高縣<br>DF071 | 六龜<br>區 | 文武里 | 苦苓坑溪<br>支流  | 光明巷                  | 高 | 1~4 戶     | 高縣 S98-15           | 200 |
| 高縣<br>DF052 | 六龜<br>區 | 新發里 | 美輪山         | 興發國小                 | 中 | 5 戶以<br>上 | 高雄 A029             | 200 |
| 高縣<br>DF074 | 六龜<br>區 | 新發里 | 不老溪         | -                    | 高 | 5 戶以<br>上 | 高縣 S98-12           | 200 |
| 高縣<br>DF075 | 六龜<br>區 | 新發里 | -           | 荖濃溪溫泉會館              | 高 | 1~4 戶     | 高縣 003              | 200 |
| 高縣<br>DF076 | 六龜<br>區 | 新發里 | 巴斯蘭溪        | -                    | 高 | 無         | 高縣<br>S98-13-1      | 200 |
| 高縣<br>DF077 | 六龜<br>區 | 新發里 | 新開山野<br>溪   | 17 鄰和平巷              | 高 | 5 戶以<br>上 | 高縣 S98-16           | 200 |
| 高縣<br>DF051 | 六龜<br>區 | 興龍里 | 舊潭橋溪        | 舊潭橋                  | 高 | 5 戶以<br>上 | 高雄 S97-7            | 200 |
| 高縣<br>DF073 | 六龜<br>區 | 興龍里 | 舊潭二號<br>橋野溪 | 舊潭二號橋                | 高 | 5 戶以<br>上 | 高縣<br>S98-14-1      | 200 |
| 高縣<br>DF043 | 六龜<br>區 | 寶來里 | 美輪山         | 五龍宮                  | 中 | 5 戶以<br>上 | 高雄 A028             | 200 |
| 高縣<br>DF044 | 六龜<br>區 | 寶來里 | 寶來一號<br>橋野溪 | 寶來一橋                 | 高 | 無         | 高雄 S96-7            | 200 |
| 高縣<br>DF070 | 六龜<br>區 | 寶來里 | 打鐵坑溪        | -                    | 高 | 1~4 戶     | 高縣<br>S98-11-1      | 200 |
| 高縣<br>DF034 | 美濃<br>區 | 中圳里 | 美濃          | 觀音佛堂                 | 中 | 5 戶以<br>上 | 高雄 A038             | 500 |
| 高縣<br>DF035 | 美濃<br>區 | 中圳里 | 美濃          | 崇光禪寺                 | 中 | 5 戶以<br>上 | 高雄 A039             | 500 |

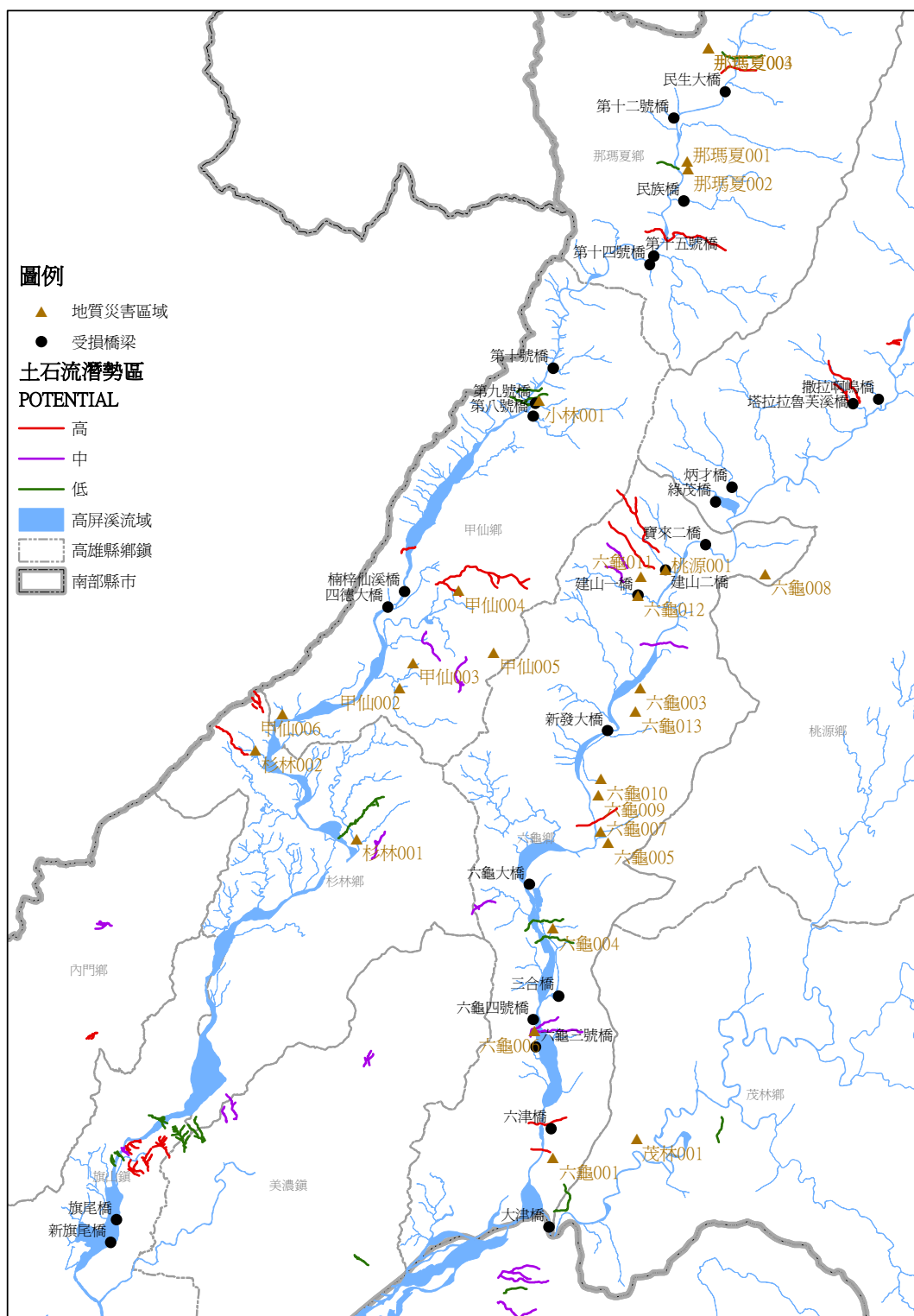


|             |          |                        |            |                        |          |           |           |     |
|-------------|----------|------------------------|------------|------------------------|----------|-----------|-----------|-----|
| 高縣<br>DF040 | 美濃<br>區  | 獅山里                    | 竹子門溝       | 竹田發電廠水利<br>工作站         | 低        | 1~4 戶     | 高雄 A044   | 500 |
| 高縣<br>DF038 | 美濃<br>區  | 福安里                    | 美濃溪        | 土地公廟                   | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A042   | 500 |
| 高縣<br>DF036 | 美濃<br>區  | 福安里                    | 美濃         | 廣善堂                    | 低        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A040   | 500 |
| 高縣<br>DF037 | 美濃<br>區  | 福安里                    | 美濃         | 雷音寺                    | 低        | 1~4 戶     | 高雄 A041   | 500 |
| 高縣<br>DF039 | 美濃<br>區  | 福安里                    | 美濃溪        | 清泉佛堂                   | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A043   | 500 |
| 高縣<br>DF041 | 美濃<br>區  | 廣林里                    | 雙溪河        | 廣興國小                   | 中        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A037   | 500 |
| 高縣<br>DF004 | 那瑪<br>夏區 | 南沙魯里(南沙魯村<br>(原民族村))   | 那托爾薩<br>溪  | -                      | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A013   | 200 |
| 高縣<br>DF067 | 那瑪<br>夏區 | 南沙魯里(南沙魯村<br>(原民族村))   | -          | 鞍山巷                    | 低        | 5 戶以<br>上 | 高縣 S99-7  | 200 |
| 高縣<br>DF001 | 那瑪<br>夏區 | 達卡努瓦里(達卡努<br>瓦村(原民生村)) | 高庭         | 民生國小                   | 低        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A010   | 200 |
| 高縣<br>DF002 | 那瑪<br>夏區 | 達卡努瓦里(達卡努<br>瓦村(原民生村)) | 高庭         | 中油加油站、民生<br>崇樂山華       | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A011   | 200 |
| 高縣<br>DF062 | 那瑪<br>夏區 | 達卡努瓦里(達卡努<br>瓦村(原民生村)) | -          | 秀嶺巷                    | 高        | 1~4 戶     | 高縣 S98-19 | 200 |
| 高縣<br>DF080 | 那瑪<br>夏區 | 達卡努瓦里(達卡努<br>瓦村(原民生村)) | 達卡努瓦<br>溪  | 達卡努瓦溪                  | 高        | 1~4 戶     | 高縣 S98-17 | 200 |
| 高縣<br>DF081 | 那瑪<br>夏區 | 達卡努瓦里(達卡努<br>瓦村(原民生村)) | 達斐亞拉<br>溪  | 達卡努瓦里 3 鄰<br>秀嶺巷 188-2 | 高        | 1~4 戶     | 高縣 S99-4  | 200 |
| 高縣<br>DF082 | 那瑪<br>夏區 | 達卡努瓦里(達卡努<br>瓦村(原民生村)) | 吉巴谷平<br>台  | 達卡努瓦里秀嶺<br>巷 181 號     | 高        | 1~4 戶     | 高縣 S98-20 | 200 |
| 高縣<br>DF003 | 那瑪<br>夏區 | 瑪雅里(瑪雅村(原<br>民權村))     | -          | 三民國中                   | 低        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A012   | 200 |
| 高縣<br>DF063 | 那瑪<br>夏區 | 瑪雅里(瑪雅村(原<br>民權村))     | -          | 平和巷                    | 中        | 5 戶以<br>上 | 高縣 S99-8  | 200 |
| 高縣<br>DF064 | 那瑪<br>夏區 | 瑪雅里(瑪雅村(原<br>民權村))     | -          | 台 21 線約 208.1k<br>處    | 高        | 1~4 戶     | 高縣 S98-21 | 200 |
| 高縣<br>DF065 | 那瑪<br>夏區 | 瑪雅里(瑪雅村(原<br>民權村))     | -          | 月兒橋                    | 高        | 5 戶以<br>上 | 高縣 S98-09 | 200 |
| 高縣<br>DF066 | 那瑪<br>夏區 | 瑪雅里(瑪雅村(原<br>民權村))     | -          | 民權國小                   | 中        | 5 戶以<br>上 | 高縣 S98-22 | 200 |
| 高縣<br>DF083 | 那瑪<br>夏區 | 瑪雅里(瑪雅村(原<br>民權村))     | -          | 台 21 線 207.5K          | 高        | 5 戶以<br>上 | 高縣 S99-5  | 200 |
| 高縣<br>DF014 | 甲仙<br>區  | 大田里                    | 甲仙         | 寶隆國小                   | 高        | 1~4 戶     | 高雄 A024   | 200 |
| 高縣<br>DF012 | 甲仙<br>區  | 大田里                    | 圓山         | 甲仙橋                    | 持續<br>觀察 | 無         | 高雄 A020   | 200 |
| 高縣<br>DF013 | 甲仙<br>區  | 大田里                    | 甲仙         | 寶隆國小                   | 高        | 1~4 戶     | 高雄 A023   | 200 |
| 高縣<br>DF005 | 甲仙<br>區  | 小林里                    | 安輪名山<br>西部 | 小林國小                   | 持續<br>觀察 | 無         | 高雄 004    | 200 |
| 高縣          | 甲仙       | 小林里                    | 小林         | 小林國小                   | 低        | 無         | 高雄 A014   | 200 |



|             |         |     |           |                  |          |           |           |     |
|-------------|---------|-----|-----------|------------------|----------|-----------|-----------|-----|
| DF006       | 區       |     |           |                  |          |           |           |     |
| 高縣<br>DF007 | 甲仙<br>區 | 小林里 | 小林        | 小林國小             | 低        | 無         | 高雄 A015   | 200 |
| 高縣<br>DF068 | 甲仙<br>區 | 西安里 | 滴水橋野<br>溪 | 滴水橋              | 高        | 5 戶以<br>上 | 高縣 S98-11 | 200 |
| 高縣<br>DF011 | 甲仙<br>區 | 和安里 | 圓山        | 啟明橋              | 中        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A019   | 200 |
| 高縣<br>DF015 | 甲仙<br>區 | 東安里 | 油礦溪       | 甲仙國小             | 中        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A022   | 200 |
| 高縣<br>DF016 | 甲仙<br>區 | 東安里 | 油礦溪       | 甲仙國小             | 中        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A021   | 200 |
| 高縣<br>DF017 | 甲仙<br>區 | 東安里 | 崩坪坑溪      | 崩坪一號橋            | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 S97-2  | 200 |
| 高縣<br>DF008 | 甲仙<br>區 | 關山里 | 五星埔       | 甲仙國小             | 中        | 1~4 戶     | 高雄 A016   | 200 |
| 高縣<br>DF009 | 甲仙<br>區 | 關山里 | 五星埔       | 甲仙國小             | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A017   | 200 |
| 高縣<br>DF010 | 甲仙<br>區 | 關山里 | 圓山        | 三聖宮              | 高        | 1~4 戶     | 高雄 A018   | 200 |
| 高縣<br>DF018 | 杉林<br>區 | 木梓里 | 野溪        | 奇潭橋              | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 S97-1  | 350 |
| 高縣<br>DF019 | 杉林<br>區 | 集來里 | 枋寮溪       | 枋寮橋、伍龍廟、<br>金興社區 | 中        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A026   | 350 |
| 高縣<br>DF020 | 杉林<br>區 | 集來里 | -         | 集來國小             | 低        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A025   | 350 |
| 高縣<br>DF069 | 杉林<br>區 | 集來里 | 火山溪       | 火山橋              | 高        | 1~4 戶     | 高縣 S98-13 | 350 |
| 高縣<br>DF054 | 茂林<br>區 | 茂林里 | 真我山       | 瑪雅橋              | 低        | 1~4 戶     | 高雄 A033   | 400 |
| 高縣<br>DF078 | 茂林<br>區 | 萬山里 | -         | 萬山部落社區           | 高        | 5 戶以<br>上 | 高縣 S98-14 | 400 |
| 高縣<br>DF023 | 內門<br>區 | 永吉里 | 溝坪溪       | 溝坪國小             | 中        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A035   | 550 |
| 高縣<br>DF022 | 內門<br>區 | 永富里 | 溝坪溪       | 靈旺山莊             | 高        | 1~4 戶     | 高雄 A036   | 550 |
| 高縣<br>DF021 | 內門<br>區 | 金竹里 | 溝坪溪       | 協天觀音寺            | 中        | 1~4 戶     | 高雄 A034   | 550 |
| 高縣<br>DF024 | 田寮<br>區 | 新興里 | 阿公店水<br>庫 | 新興國小             | 低        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A052   | 600 |
| 高縣<br>DF026 | 岡山<br>區 | 華崗里 | 阿公店溪      | 嘉新國小             | 低        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A054   | 600 |
| 高縣<br>DF025 | 阿蓮<br>區 | 復安里 | 阿公店溪      | 復安國小             | 高        | 5 戶以<br>上 | 高雄 A053   | 600 |
| 高市<br>DF001 | 鼓山<br>區 | 桃源里 | 左營沿海      | 柴山分校             | 持續<br>觀察 | 無         | 高雄 A055   | 550 |
| 高市<br>DF002 | 鼓山<br>區 | 桃源里 | 左營沿海      | 柴山分校             | 持續<br>觀察 | 無         | 高雄 A056   | 550 |
| 高市<br>DF003 | 鼓山<br>區 | 桃源里 | 高雄圳       | 中山大學             | 低        | 1~4 戶     | 高雄 A057   | 550 |

|             |     |     |     |         |   |       |         |     |
|-------------|-----|-----|-----|---------|---|-------|---------|-----|
| 高縣<br>DF031 | 旗山區 | 東平里 | 旗山  | 旗尾國小    | 低 | 1~4 戶 | 高雄 A049 | 500 |
| 高縣<br>DF032 | 旗山區 | 東平里 | 旗山  | 旗尾國小    | 低 | 5 戶以上 | 高雄 A050 | 500 |
| 高縣<br>DF033 | 旗山區 | 東平里 | 美濃溪 | 旗尾國小    | 高 | 5 戶以上 | 高雄 A051 | 500 |
| 高縣<br>DF027 | 旗山區 | 東平里 | 旗山溪 | 旗尾國小    | 低 | 1~4 戶 | 高雄 A045 | 500 |
| 高縣<br>DF028 | 旗山區 | 東平里 | 旗山  | 旗尾國小    | 高 | 1~4 戶 | 高雄 A046 | 500 |
| 高縣<br>DF029 | 旗山區 | 東平里 | 旗山  | 旗山開基代天府 | 高 | 5 戶以上 | 高雄 A047 | 500 |
| 高縣<br>DF030 | 旗山區 | 東平里 | 旗山  | 旗尾國小    | 中 | 1~4 戶 | 高雄 A048 | 500 |



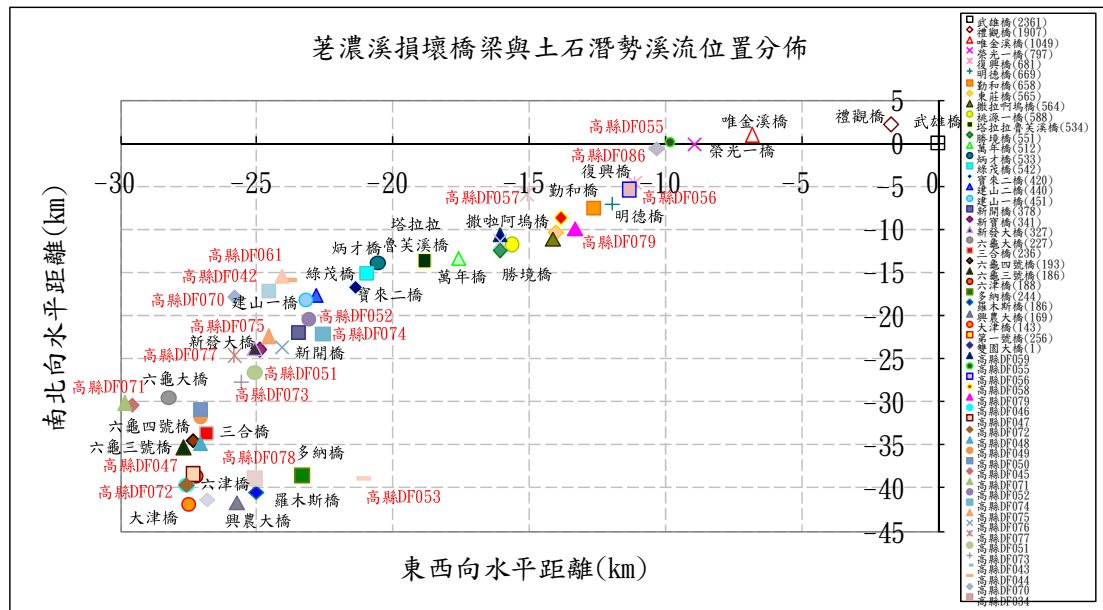


圖 3.3.6 荖濃溪高潛勢土石溪流與鄰近橋梁相關位置圖

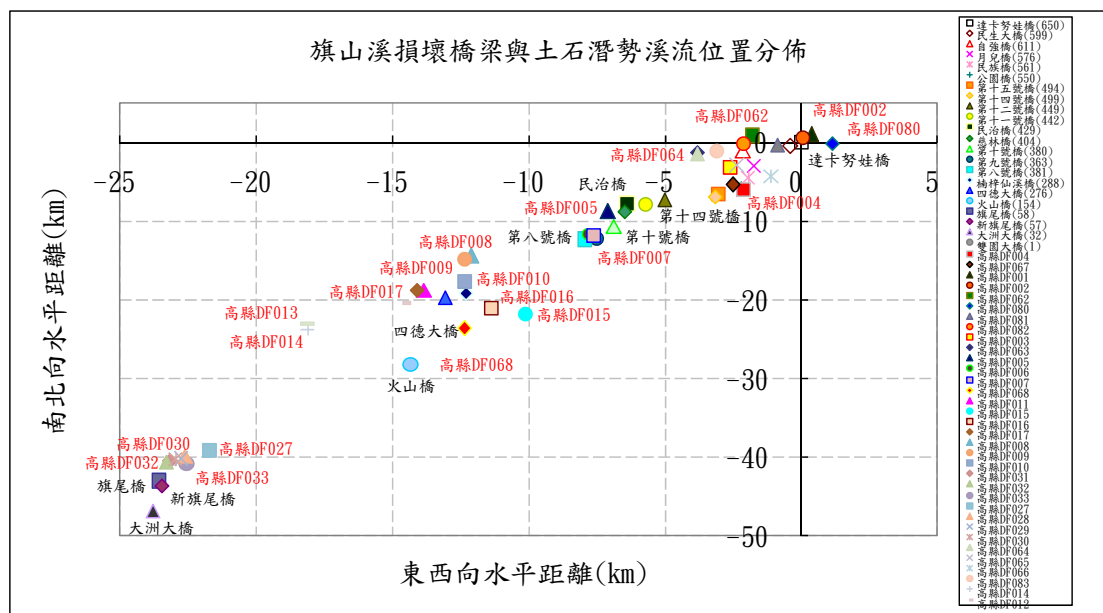


圖 3.3.7 旗山溪高潛勢土石溪流與鄰近橋梁相關位置圖

位於土石流潛勢溪流上的災害點，其發生時間之總雨量皆遠大於潛勢溪流之警戒雨量，所降下雨量遠超過土壤承载力。探討各土石災害發生崩塌時的兩日平均降雨強度和兩日累積雨量關係(如圖 3.3.8、圖 3.3.9與圖 3.3.10)可發現此次土石災害主要發生於高程 200 公尺以上的

區域，且當兩日累積雨量超過 800 mm，或兩日平均降雨強度超過 20 mm/hr 時，即可能發生崩塌，大部份之崩塌分布在高程 200 公尺到 500 公尺之間。再由圖 3.3.9 累積雨量和降雨強度關係圖中亦發現發生土石災害時，主要有以下兩個累積雨量和降雨強度的對應特徵時，其發生土石災害即與高程無關。

- (1) 平均降雨強度大於 20 mm/hr，且累積雨量大於 1,400 mm。
- (2) 平均降雨強度大於 40 mm/hr，且累積雨量大於 800 mm。

土石災害包含崩塌、土石流、洪水、地滑等，一般於邊坡崩塌後，後續所引發的進一步災害為土石流，流域上游大規模的坡地坍塌、土石滑動，加上高強度的降雨，引發大量的土石流災害，邊坡崩塌所帶來的大量土石進入河道中，與洪水形成土石流，造成河道改道、侵蝕河岸，所挾帶的大量土石撞擊橋梁橋基結構，歸納上游區域橋梁損毀原因，主要為土石流衝擊伴隨其他環境因子之高複合影響因素所引起，其中以高程 300 公尺以上之山區橋梁之破壞原因即是。配合上游橋梁長度，可知上游主河道狹窄、坡度陡峭，顯示在河道較為狹窄的情況下，須特別注意橋梁結構物的安全。

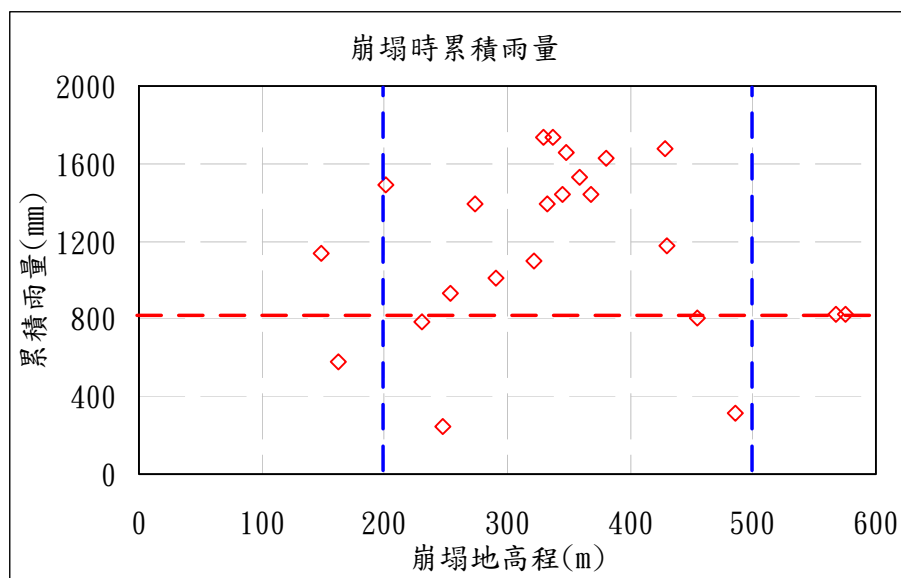


圖 3.3.8 各土石災害發生時兩日累積雨量圖

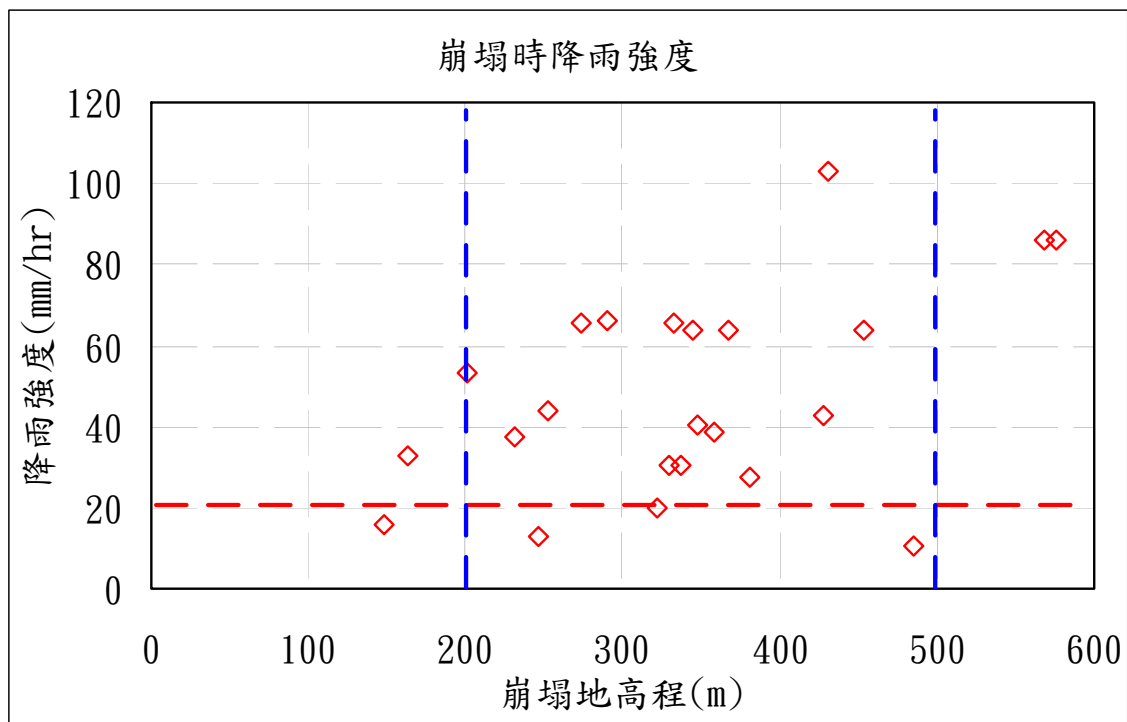


圖 3.3.9 各土石災害發生時兩日平均降雨強度圖

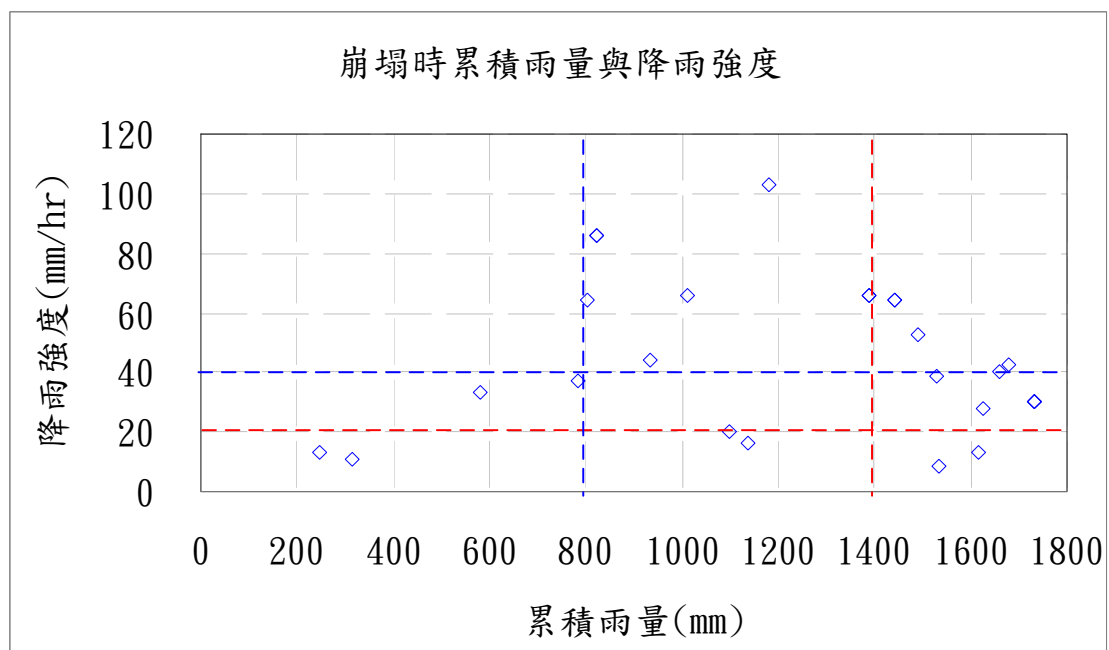


圖 3.3.10 各土石災害發生時兩日累積雨量與兩日平均降雨強度關係

表 3.3.4 為高屏溪流域依高程之分佈，考量各橋梁距離崩塌地、高潛勢土石溪流與堰塞湖 3 公里內的分布關係表，由表中可明顯得知在崩塌地 3 公里內之損壞橋梁無論其河道蜿蜒性(1.01 至 1.47)為何，皆可能發生受崩塌影響造成橋損現象。為防範橋梁受河岸崩塌之破壞，距崩塌地發生高危險區 3 公里內盡量避免危橋址用地，或必須提出防範對策。且由表 3.3.4 可知莫拉克颱風帶來豪大雨量導致崩塌地的產生(如高程 600 公尺至 580 公尺)，進而引發土石流(高程 580 公尺至 500 公尺)，且當土石流隨著河水往下游移動時，遇到河道斷面較小且河道蜿蜒度較高的橋梁附近，土石流流速變慢形成土石與水流分離沉積，形成堰塞湖(高程 450 公尺至 380 公尺)。且再繼續往下游處亦有此現象(崩塌地→土石流→堰塞湖)存在。此現象即顯示，高土石流潛勢區鄰近上游如有高崩塌潛勢區時，如河川斷面較窄蜿蜒性較高即可能發生堰塞湖，跨河橋梁應避免在此河道內構築橋墩，應另選橋址或採長跨距跨河橋梁之設計。

**表 3.3.4 距崩塌地、土石流與堰塞湖發生處 3 公里內橋梁關係表**

| 橋名        | 高程<br>(公尺) | 橋長<br>(公尺) | 河道<br>蜿蜒<br>度 | 土方<br>淤<br>積高<br>(公尺) | 土方增<br>加量<br>(m <sup>3</sup> /m) | 崩塌地<br>(公里)                        | 土石流<br>(公里)      | 堰塞湖<br>(公里)  |
|-----------|------------|------------|---------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------|
| 榮光一橋      | 797        | 71         | 1.08          | 11.4                  | 811                              | -                                  | -                | 0 號<br>(1.1) |
| 復興橋       | 681        | 71         | 1.18          | 21.9                  | 1,557                            | -                                  | 高縣<br>DF056(0.9) | 1 號<br>(1.0) |
| 達卡努娃<br>橋 | 650        | 20         | 1.16          | 9.1                   | 183                              | -                                  | 高縣<br>DF002(0.9) | -            |
| 民生大橋      | 598        | 60         | 1.09          | 12.4                  | 745                              | 那瑪夏<br>003(1.7)<br>那瑪夏<br>004(1.7) | -                | -            |
| 月兒橋       | 576        | 12.5       | 1.01          | 12.2                  | 153                              | -                                  | -                | -            |
| 東莊橋       | 565        | 35.1       | 1.23          | 11.8                  | 414                              | -                                  | 高縣<br>DF058(1.2) | -            |
| 桃源一橋      | 588        | 23.6       | 1.11          | -                     | -                                | -                                  | 高縣               | -            |

|       |     |     |      |      |       |                                                    |                                                          |              |
|-------|-----|-----|------|------|-------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------|
|       |     |     |      |      |       |                                                    | DF059(1.9)<br>高縣<br>DF060(1.0)                           |              |
| 第十五號橋 | 494 | 31  | 1.53 | 8.4  | 261   | -                                                  | 高縣<br>DF004(1.0)                                         | -            |
| 建山一橋  | 451 | 42  | 1.43 | 23.0 | 967   | 六龜<br>012(0.0)                                     | -                                                        | 2 號<br>(1.8) |
| 建山二橋  | 440 | 35  | 1.47 | 12.3 | 431   | -                                                  | 高縣<br>DF061(2.8)                                         | 2 號<br>(0.7) |
| 寶來二橋  | 398 | 220 | 1.47 | 30.2 | 6,653 | 六龜<br>008(2.5)                                     | -                                                        | 2 號<br>(1.8) |
| 第十號橋  | 380 | 30  | 1.40 | 10.4 | 313   | -                                                  | -                                                        | 3 號<br>(0.9) |
| 第八號橋  | 381 | 36  | 1.45 | 13.3 | 477   | -                                                  | -                                                        | 3 號<br>(2.1) |
| 第九號橋  | 369 | 10  | 1.20 | 8.3  | 83    | 甲仙<br>001(0.2)                                     | -                                                        | 3 號<br>(1.6) |
| 新發大橋  | 302 | 228 | 1.28 | 26.9 | 6,126 | 六龜<br>003(2.0)<br>六龜<br>010(1.8)<br>六龜<br>013(1.8) | -                                                        | -            |
| 楠梓仙溪橋 | 260 | 290 | 1.12 | 24.6 | 7,140 | -                                                  | 高縣<br>DF010(1.4)                                         | -            |
| 四德大橋  | 249 | 240 | 1.07 | 24.9 | 5,974 | 甲仙<br>003(2.3)                                     | -                                                        | -            |
| 六龜大橋  | 227 | 308 | 1.39 | 4.2  | 1,294 | -                                                  | 高縣<br>DF051(2.8)                                         | -            |
| 六龜四號橋 | 193 | 16  | 1.01 | 2.4  | 38    | -                                                  | -                                                        | -            |
| 六津橋   | 188 | 7.6 | 1.01 | 11.7 | 89    | -                                                  | 高縣<br>DF046(1.1)<br>高縣<br>DF047(0.9)                     | -            |
| 大津橋   | 143 | 250 | 1.78 | 0.4  | 108   | -                                                  | -                                                        | 4 號<br>(0.9) |
| 旗尾橋   | 57  | 180 | 1.12 | 21.2 | 3,814 | -                                                  | 高縣<br>DF028(2.8)<br>高縣<br>DF029(2.5)<br>高縣<br>DF039(2.2) | -            |



考量上述各項災害因素，可以歸類出數項導致橋梁損壞原因，一般而言，橋梁於平時，即無颱風期間，其水位均低於橋面板(如圖 3.3.11)，河川流速甚低，並無沖刷現象產生。然而當颱風來襲期間，如果水位忽然暴升，甚者溢淹過橋面板，導致許多浮木與雜物掛淤於橋面板處(如圖 3.3.12)，容易造成護欄破壞。此時倘若豪雨又挾帶著大量土石流，如未超過橋面板的高度，土石流可能夾帶大顆粒土石撞擊橋墩，導致橋墩破損，甚至彎曲，進而造成橋面板掉落(如圖 3.3.13)。然而若水位超過橋面板，導致橋面板受到水的上浮力作用，再加上土石流衝擊作用，進而將橋面板推落橋墩(如圖 3.3.14)，導致橋梁破壞，此一破壞情形下橋墩通常無任何變形產生。另外一個原因則為整座橋梁受到土石流掩埋的情況，此現象主要發生在上游區域河道較為狹窄處。

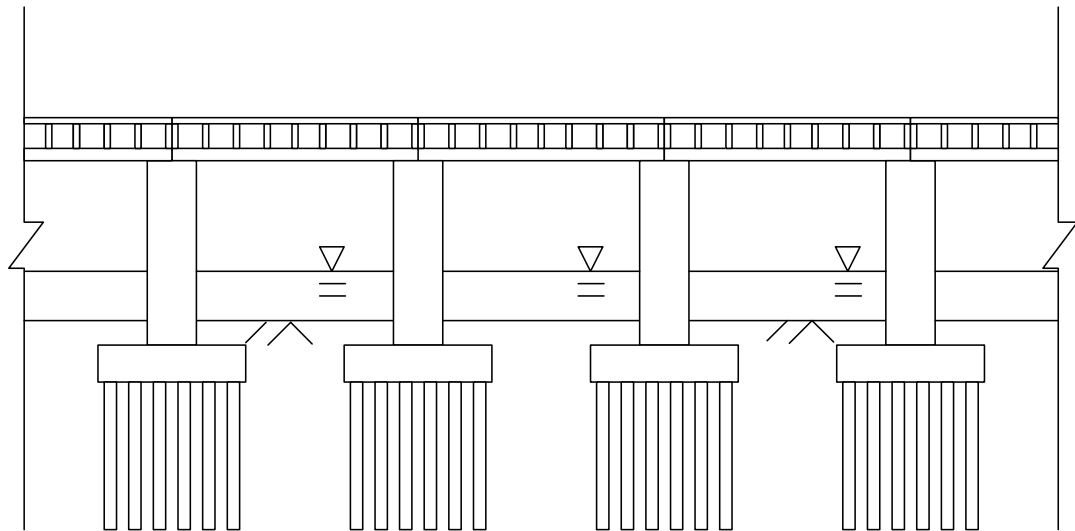


圖 3.3.11 一般橋梁平時通水斷面

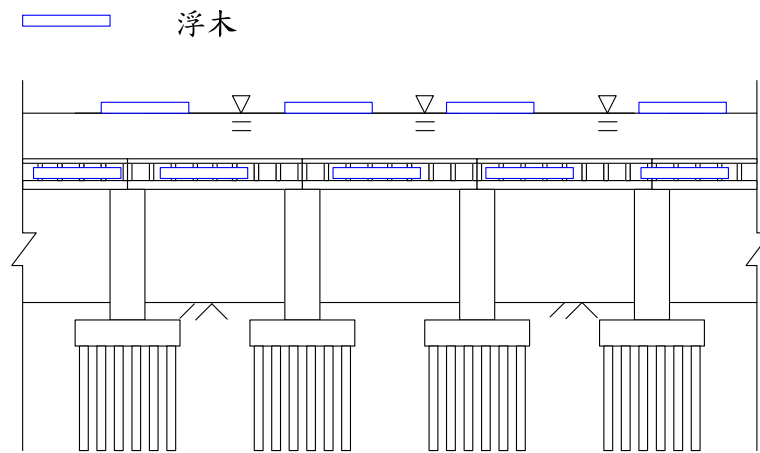


圖 3.3.12 水位溢淹時通水斷面狀態

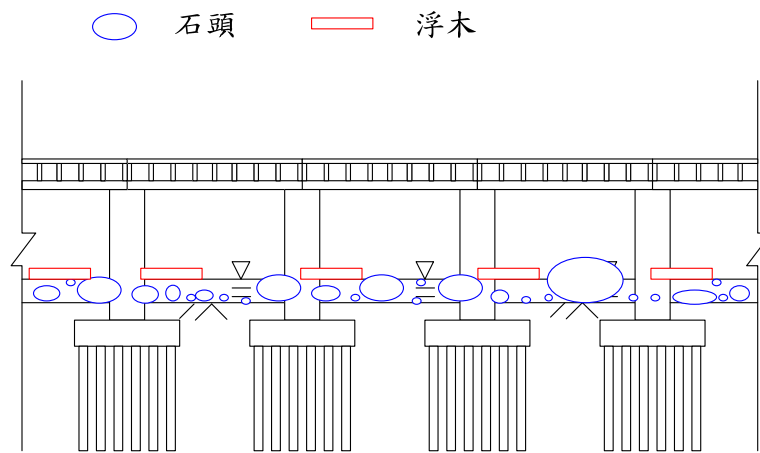


圖 3.3.13 土石流低於橋面板時斷面狀態

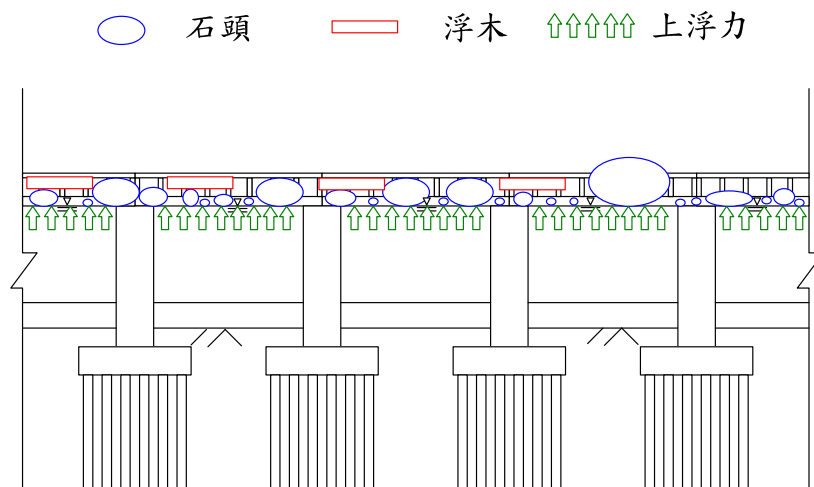


圖 3.3.14 橋梁受水上浮力與土石流同時作用斷面狀態

### 3.4 河道蜿蜒性

蜿蜒型河道是沖積平原上之河流最常見的一種河型，此種河型乃是水流與河川土砂相互作用近平衡下所形成的，而且均具有相當的長度。在台灣，因為地形與地質特殊，再加上水文特性，河短、坡陡、流急，並且沖刷淤積變化大之情況下，河道彎曲蜿蜒是一種局部河型的發展，常有上下左右移動之情況，也因此側向變遷是此類河道在台灣特有河川條件下的最明顯表徵，更因為此一情況，造成台灣跨河橋梁受洪水破壞之情形日益嚴重。河道蜿蜒除會發生於沖積平原之外，也會發生於河谷。發生於河谷之蜿蜒是因為河床隆起，河川為保持其線形流路而縱向侵蝕峽谷所致，於沖積平原上的河川，會在曲線段產生不同旋轉方向的螺旋流，因其應力作用而形成砂礫州蜿蜒發達；沖積平原上河道之蜿蜒必為一串連續的反向曲線，兩曲線之間由短直河道連接。在蜿蜒之頂點或附近其深度最大，漸次減至短直河段最淺。

關於蜿蜒型河段的成因，可就以下幾點說明：(1)河道之所以蜿蜒曲折，是河流自身為了消耗過剩的能量，以增加河長減小河流比降的方式來達到。同時也有人認為，河道之所以蜿蜒曲折，是為了以最小的能量消耗，來完成河流的塑造。(2)順直水流的不穩定性是形成蜿蜒型河段的原因。水流本身一般具有偏離直線方向而產生週期性左右擺動的特性，從而迫使河床的平面型態具有接近於正弦曲線的外形。河川依型態分類可分為直線、蜿蜒、及辮狀，在天然河道中並無真正直線河川，雖然偶見平直之河岸，但河床線往往呈輕度之蜿蜒，河川地形學家以蜿蜒度來判別直線河川與蜿蜒河川，一般河川之蜿蜒度在 1 至 3 之間。河川蜿蜒度定義為：

$$C_R = L_R / D \quad (3.1)$$

式中  $C_R$  為蜿蜒度， $L_R$  為河道長度， $D$  為上下游之直線距離。蜿蜒度在 1.3 以下可定義為直線河道；在 1.3 以上可定義為蜿蜒河道；大於 2.0 者常會進一步演變為瓣狀河道。蜿蜒河道從平面上看，是有一定曲率而正反相間的彎道和較順直的過渡段依次銜接組成如(圖 3.4.1(A))所示。從河床的橫斷面看，彎道段呈不對稱的三角形，凹岸一側坡陡水深，凸岸一側坡緩水淺如(圖 3.4.1(C))所示；過渡段基本上呈對稱的拋物線形或梯形如(圖 3.4.1(B))所示。由彎道段至過渡段，斷面型態的轉變，是沿程逐漸變化的。

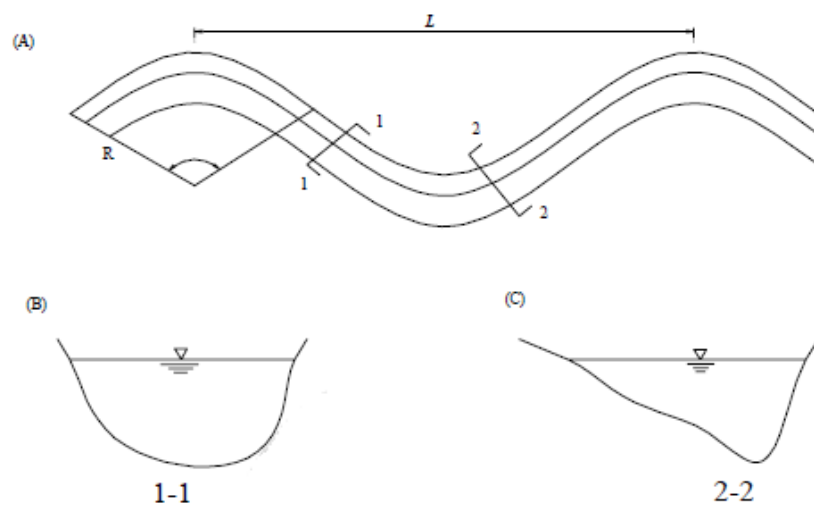


圖 3.4.1 彎道幾何示意圖【林秉賢】

蜿蜒型河道的外形與河流兩岸土質組成有密切相關，易沖刷土質的河段彎道可自由發展成蜿蜒型；在抗沖性較強的地區多形成彎曲半徑較大的緩彎；如受局部地形限制，彎道可形成銳彎如圖 3.4.2 所示。在蜿蜒河道上，會因水流流量大小而有不同的衝擊方向改變，如圖 3.4.3 所示，高流量跟低流量水流方向的改變而導致河岸、堤防潰損或橋墩攻角，亦會在河道內產生離心力之二次流增加摩擦流速而改變其沖刷、淤積性質。在河道中存在著穩定的單向環流，表面流指向凹岸，底面流指向凸岸。由於含砂量沿水深分佈不均，水面含砂量小，河底

含砂量大，因此流向凹岸的表層水流含砂量小，將從凹岸攫取泥砂；但當流經凸岸時，又將釋放出多餘的泥砂，結果導致河道的凹岸崩退和凸岸的淤積。一般凹岸的抗沖能力較弱，則河岸必然發生崩坍，使通水面積增大，而橫向輸砂總是不平衡，因而凸岸總是趨向於淤積。所以橫斷面變形最主要的原因是橫向輸砂不平衡。以上這些蜿蜒河道所產生的水理現象，因盡量避免在蜿蜒河道處建設橋梁；倘若非在蜿蜒河道上建設橋梁，美國HEC-20 也提到建議橋址位置(如圖 3.4.4所示)，建議選址地點為蜿蜒半徑大於 2.5 倍的河寬以上的河道較不受易到水理影響。美國HEC-20 建議選址地點為蜿蜒半徑大於 2.5 倍的河寬以上的河道較不受易到水理影響。而根據竣工圖可知，大津橋總長 250 公尺、六龜大橋總長 308 公尺，故大津橋選址處應大於 625 公尺，六龜大橋應大於 770 公尺，由三維雷射掃瞄可知，大津橋距彎道頂部只有 420 公尺(如圖 3.4.5)，故其河道還會受到彎道作用而影響橋梁的安全性。

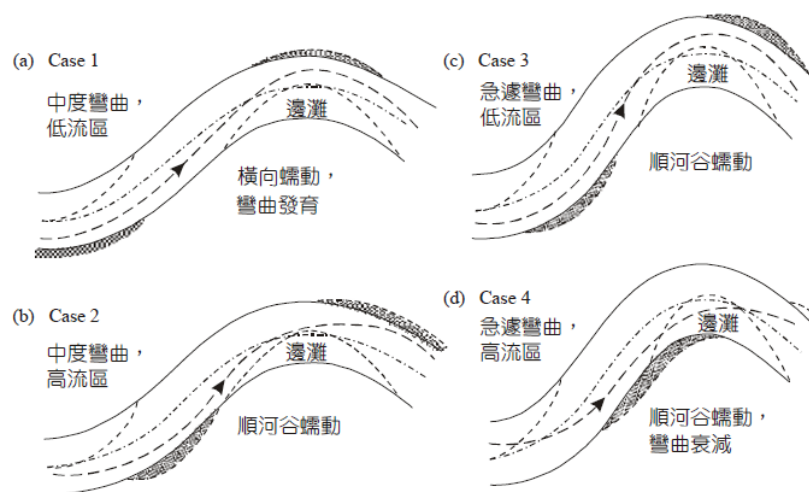


圖 3.4.2 河道演變一般模式【林呈】

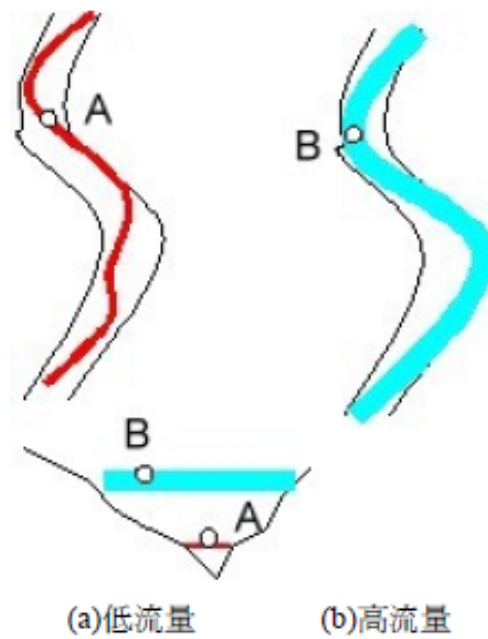


圖 3.4.3 河道上不同流量的流心剖面【王永珍】

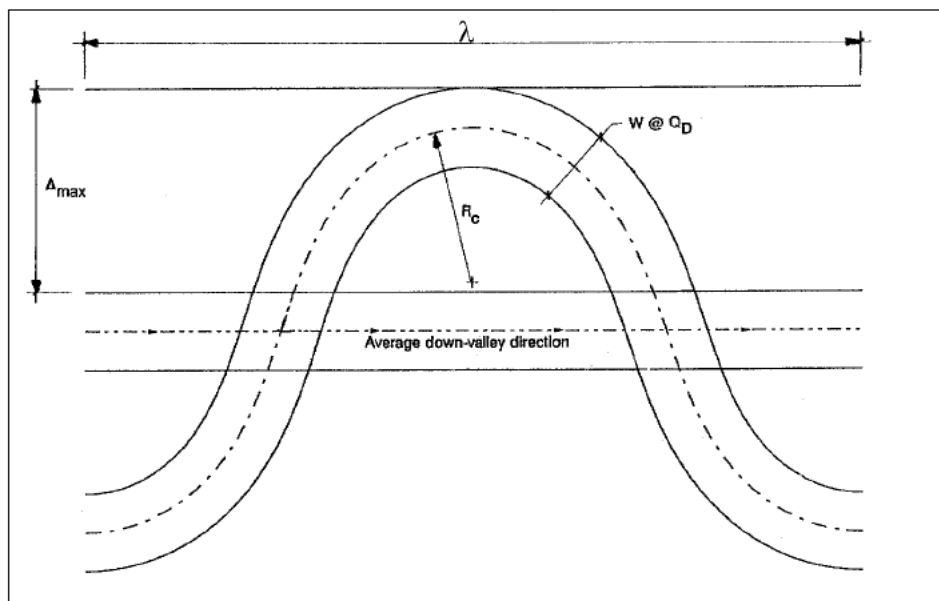


圖 3.4.4 河道蜿蜒有關定義圖【U.S. Department Of Transportation Federal Highway Administration Stream Stability at Highway Structures Third Edition】



圖 3.4.5 六龜大橋與大津橋河道蜿蜒半徑示意圖

如圖 3.4.6所示為莫拉克颱風期間高屏溪流域破壞橋梁所在位置的蜿蜒度，由河川蜿蜒度定義大於 1.30 者屬蜿蜒河道，其中荖濃溪上數值大於 1.3 者包含塔拉拉魯芙溪橋、寶來二橋、建山二橋、建山一橋與六龜大橋等五座橋梁。而旗山溪上數值大於 1.3 者包含自強橋、第十四號橋、第十五號橋民治橋、慈林橋、第十號橋、第八號橋等七座橋梁。另外位於隘寮溪上的大津橋其數值為 1.78，為此次受災橋梁中數值最高的橋梁，其餘各橋梁的蜿蜒度如表 3.4.1所示。探討各橋梁高程與河道蜿蜒度(如圖 3.4.7)及損壞橋梁、未損壞橋梁(取台 20 線(19 座)與台 21 線(20 座)沿線未損壞橋梁 38 座)河道蜿蜒度分布圖(如圖 3.4.8、圖 3.4.9與圖 3.4.10)可觀察出以下幾點結論：

挑選的 94 座橋梁中，有 45 % 的橋梁其河道蜿蜒度低於 1.05，再加上河道蜿蜒度介於 1.05 至 1.10 之間的橋梁，則共有 60 %，其比例相當高。受損橋梁其河道蜿蜒度幾乎均大於 1.05，其中僅有 18 % (約五分之一) 的橋梁低於 1.05。而 39 座未受損橋梁中，其河道蜿蜒度低於 1.05 者佔了 82 %，約為五分之四，若加入河道蜿蜒度低於 1.10 的部分，則高達 97 % 的比例，僅有榮光一橋位於高程 797 公尺處，其蜿蜒度為 1.08 亦受損。鑑此，在河川中上游河段橋梁選址時應盡量避免選擇河道蜿蜒度高之河道，蜿蜒度低於 1.10 為較佳之選擇。



損壞橋梁中，高程介於 500 公尺至 700 公尺間的橋梁，其河道蜿蜒度雖然仍有低於 1.3 者，但仍然產生破壞，由此可知河道蜿蜒度過大並非決定橋梁受損的主要因素，其中河川坡降和通水面積不足，河床堆高等因素形成。由圖中顯示橋梁位於較高蜿蜒度河段之高程約在 300 公尺到 700 公尺間。由上述可知台灣山區橋梁其河道蜿蜒度若大於 1.1，伴隨其他橋損原因作用下，即可能於颱洪發生時產生破壞。

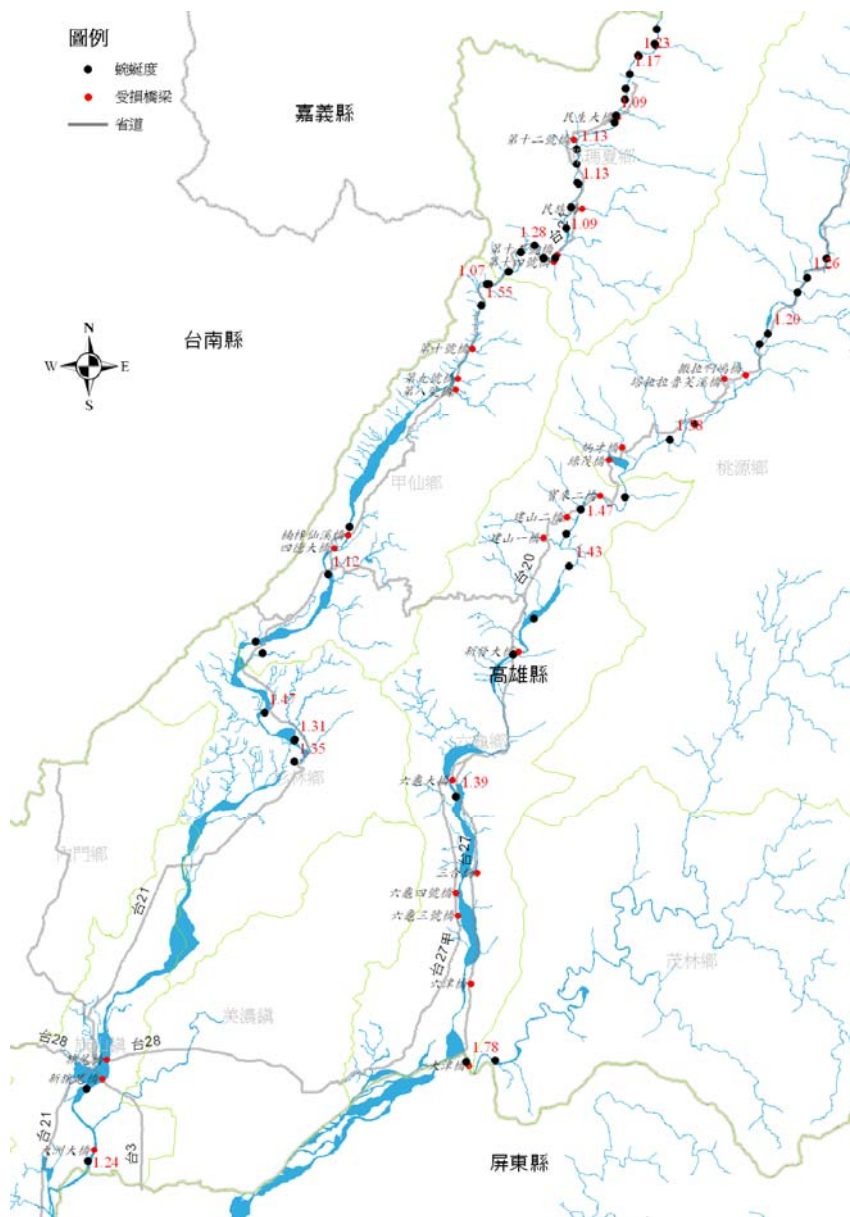


圖 3.4.6 高屏河系主河道蜿蜒性



表 3.4.1 損壞橋梁河道蜿蜒度

| 高程 300 公尺以上 |         |           |         |     |          |               |         | 高程 300 公尺以下 |          |           |         |
|-------------|---------|-----------|---------|-----|----------|---------------|---------|-------------|----------|-----------|---------|
| 河系          | 橋梁名稱    | 高程<br>(m) | 蜿蜒<br>度 | 河系  | 橋梁名<br>稱 | 高<br>程<br>(m) | 蜿蜒<br>度 | 河系          | 橋梁名<br>稱 | 高程<br>(m) | 蜿蜒<br>度 |
| 荖濃溪         | 武雄橋     | 2361      | 1.02    | 旗山溪 | 達卡努娃橋    | 650           | 1.16    | 荖濃溪         | 六龜大橋     | 227       | 1.39    |
|             | 禮觀橋     | 1907      | 1.02    |     | 民生大橋     | 598           | 1.09    |             | 三合橋      | 236       | 1.01    |
|             | 唯金溪橋    | 1049      | 1.14    |     | 自強橋      | 611           | 1.48    |             | 六龜四號橋    | 193       | 1.01    |
|             | 榮光一橋    | 797       | 1.08    |     | 月兒橋      | 576           | 1.01    |             | 六龜三號橋    | 186       | 1.01    |
|             | 復興橋     | 681       | 1.18    |     | 民族橋      | 561           | 1.07    |             | 六津橋      | 188       | 1.01    |
|             | 明德橋     | 669       | 1.26    |     | 公園橋      | 550           | 1.21    | 旗山溪         | 楠梓仙溪橋    | 260       | 1.12    |
|             | 勤和橋     | 658       | 1.10    |     | 第十五號橋    | 494           | 1.56    |             | 四德大橋     | 249       | 1.07    |
|             | 東莊橋     | 565       | 1.23    |     | 第十四號橋    | 499           | 1.36    |             | 火山橋      | 154       | 1.02    |
|             | 撒啦阿塢橋   | 564       | 1.17    |     | 第十二號橋    | 449           | 1.13    |             | 旗尾橋      | 58        | 1.12    |
|             | 桃源一橋    | 588       | 1.11    |     | 第十一號橋    | 411           | 1.09    |             | 新旗尾橋     | 57        | 1.12    |
|             | 塔拉拉魯芙溪橋 | 534       | 1.37    |     | 民治橋      | 429           | 1.64    |             | 大洲大橋     | 32        | 1.24    |
|             | 勝境橋     | 551       | 1.10    |     | 慈林橋      | 404           | 1.45    | 濁口溪         | 多納橋      | 244       | 1.52    |
|             | 萬年橋     | 512       | 1.05    |     | 第十號橋     | 380           | 1.40    |             | 羅木斯橋     | 186       | 1.16    |
|             | 炳才橋     | 533       | 1.13    |     | 第九號橋     | 363           | 1.20    |             | 興農大橋     | 169       | 1.15    |
|             | 綠茂橋     | 542       | 1.21    |     | 第八號橋     | 381           | 1.45    |             | 大津橋      | 143       | 1.78    |
|             | 寶來二橋    | 398       | 1.47    |     |          |               |         | 隘寮北溪        | 第一號橋     | 256       | 1.05    |
|             | 建山二橋    | 440       | 1.47    |     |          |               |         | 高屏溪         | 雙園大橋     | 1         | 1.01    |
|             | 建山一橋    | 451       | 1.43    |     |          |               |         |             |          |           |         |
|             | 新開橋     | 378       | 1.11    |     |          |               |         |             |          |           |         |
|             | 新寶橋     | 341       | 1.19    |     |          |               |         |             |          |           |         |
|             | 新發大橋    | 302       | 1.28    |     |          |               |         |             |          |           |         |

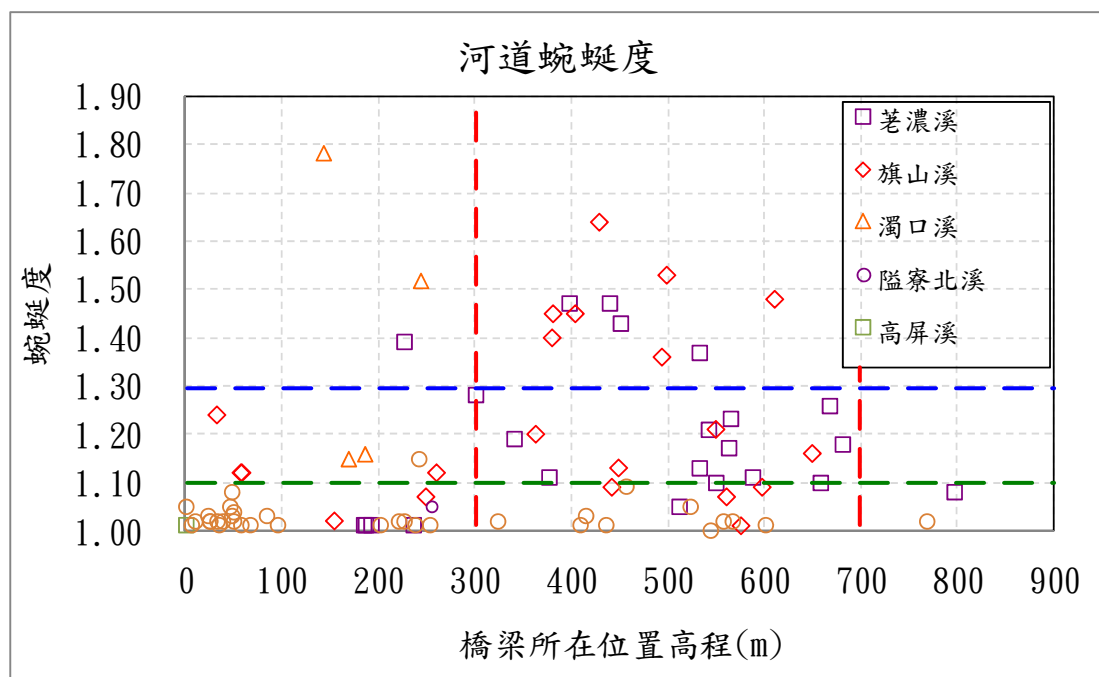


圖 3.4.7 高屏河流域各橋梁高程與河道蜿蜒度關係圖

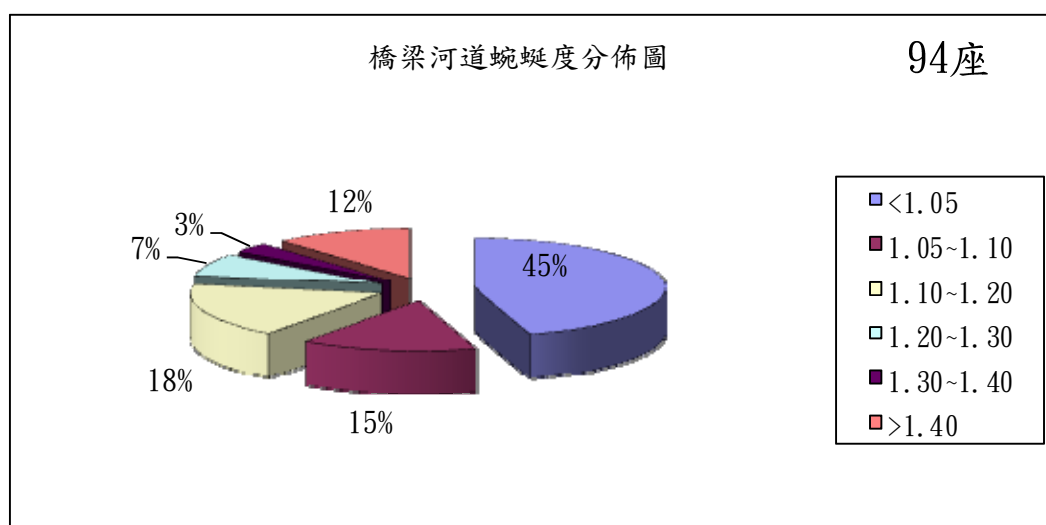


圖 3.4.8 損壞與未損壞橋梁河道蜿蜒度分布圖

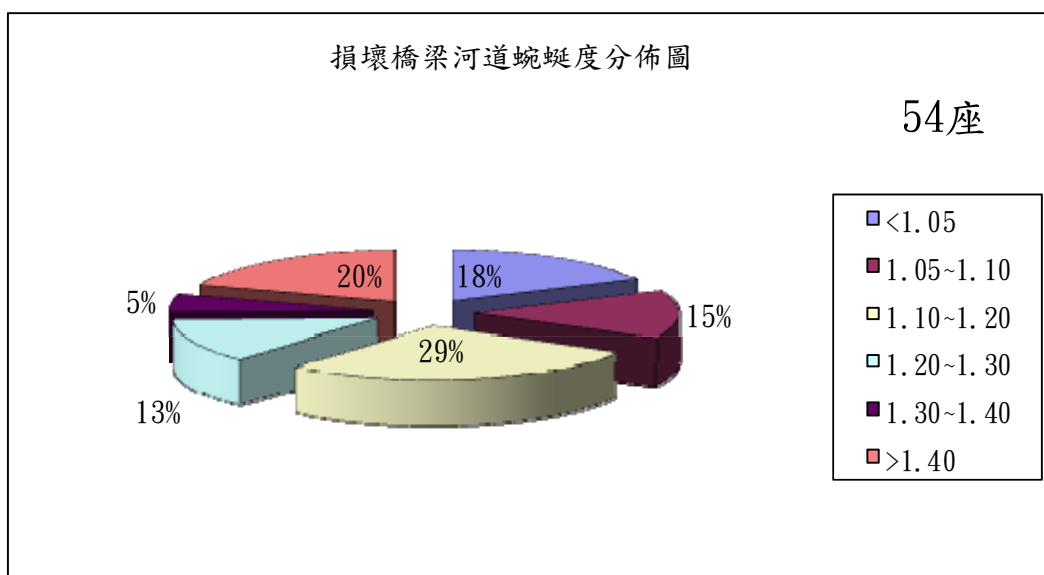


圖 3.4.9 損壞橋梁河道蜿蜒度分布圖

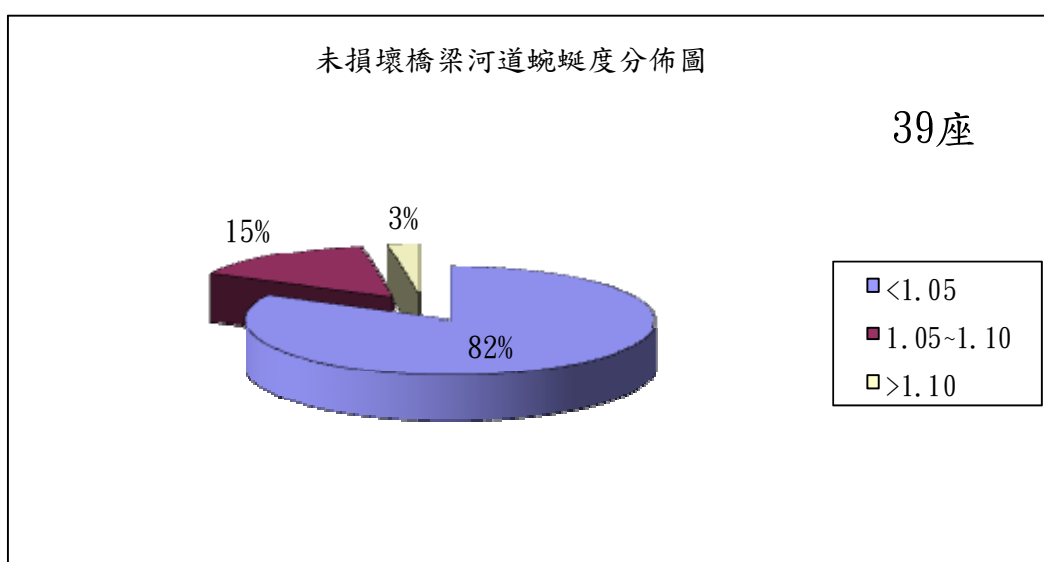


圖 3.4.10 未損壞橋梁河道蜿蜒度分布圖

### 3.5 河道坡度與高程

河川的坡度大小往往直接影響水流對河道和水工結構物的破壞程度，由曼寧公式(如公式 3.2)可知主要影響排水流速的三個因子是坡度、水力半徑與溝渠底部的粗糙係數所影響。坡度會影響水流的移動能量，坡度愈陡水流流速愈快，流速越快相對的水流的動能也就越強。水力半徑(R)是渠道斷面積除以接觸水的斷面長度，渠道斷面愈大，水力半徑就愈大，水的流速也愈快；粗糙係數(n)代表水流流動過程中水流與河床接觸面之間的阻力係數。其中  $v$  表示平均流速， $R$  表示水力半徑， $S$  表示坡度， $n$  表示粗糙係數。

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.2)$$

由經濟部水利署的資料顯示，莫拉克颱風帶來的豪大雨造成土石流、邊坡坍塌淤積高屏溪河道，改變整個山區地貌，尤其在上游地區、支流使得淤塞河道嚴重，多處甚至達到數十公尺(見圖 3.5.1)，間接造成通水斷面減少、河系走向不穩定，當大雨再次降下時，將造成河道容洪空間不足、洪水漫淹至兩岸，當務之急並非迅速重建橋梁，而是先以便橋代替，待多次降雨後，使洪水自然侵蝕、形成河道主深槽，河性穩定後再行落墩修建新橋。表 3.5.1 為莫拉克颱風前後橋梁處河道斷面平均高程變化與土方增加量，由現有數據顯示多數橋梁所在位置的斷面均呈現高程增加的情形，平均淤積高度最多的為炳才橋的 37 公尺，淤積高度介於 20 公尺至 30 公尺間的橋梁有建山一橋(23 公尺)、新旗尾橋(22 公尺)、旗尾橋(22 公尺)。



圖 3.5.1 民國 93 年與莫拉克颱風地形河川淤積情形【經濟部水利署】

表 3.5.1 莫拉克颱風前後斷面測量之平均高程變化與土方增加量

| 橋梁名稱    | 橋長<br>(m) | 災前平均高程<br>(m) | 災後平均高程<br>(m) | 高程差<br>(m) | 土方增加量<br>(m <sup>3</sup> /m) |
|---------|-----------|---------------|---------------|------------|------------------------------|
| 民生大橋    | 60        | 588           | 601           | 13         | 745                          |
| 民族橋     | 30        | 553           | 565           | 12         | 385                          |
| 第十五號橋   | 31        | 490           | 498           | 8          | 261                          |
| 第十四號橋   | 90        | 485.4         | 498.5         | 13.1       | 1,207                        |
| 第十二號橋   | 200       | 441.9         | 451.1         | 9.2        | 1,958                        |
| 第十號橋    | 30        | 387           | 398           | 11         | 313                          |
| 第九號橋    | 10        | 363           | 372           | 9          | 83                           |
| 第八號橋    | 10        | 370           | 383           | 13         | 133                          |
| 楠梓仙溪橋   | 290       | 263.6         | 264.0         | 0.4        | 231                          |
| 四德大橋    | 240       | 251.7         | 253.2         | 1.5        | 254                          |
| 旗尾橋     | 180       | 41            | 63            | 22         | 3,814                        |
| 新旗尾橋    | 720       | 41            | 63            | 22         | 16,481                       |
| 大洲大橋    | 160       | 38            | 41            | 3          | 501                          |
| 撒啦阿塢橋   | 125       | 528.4         | 543.8         | 15.4       | 2,003                        |
| 塔拉拉魯芙溪橋 | 85        | 516           | 538           | 22         | 1,817                        |
| 綠茂橋     | 40.2      | 515           | 546           | 31         | 1,243                        |
| 炳才橋     | 32.4      | 496           | 533           | 37         | 1,357                        |

|       |     |       |       |      |       |
|-------|-----|-------|-------|------|-------|
| 寶來二橋  | 220 | 391.0 | 395.4 | 4.4  | 1,074 |
| 建山二橋  | 35  | 436   | 449   | 13   | 431   |
| 建山一橋  | 42  | 431   | 454   | 23   | 967   |
| 新發大橋  | 228 | 297.4 | 304.2 | 6.8  | 1,047 |
| 六龜大橋  | 308 | 233.7 | 232.2 | -1.5 | -477  |
| 三合橋   | 39  | 218   | 242   | 24   | 906   |
| 六龜三號橋 | 15  | 189   | 193   | 4    | 56    |
| 六龜四號橋 | 16  | 194   | 197   | 3    | 38    |
| 六津橋   | 7.6 | 182   | 194   | 12   | 89    |
| 大津橋   | 250 | 145   | 146   | 1    | 108   |

河道上的斷面變化、坡度變化與通水斷面積的減少，將造成整體河系的巨大變化。藉由過去水利署大斷面資料，及莫拉克颱風後現場 3D-Lidar 實測高程，我們可一窺整體河道的變化趨勢。由數據上可知整體河道抬升均因土砂的堆積而抬升，但坡度的變化卻有著些微的差異。河道主流部分，可發現上游河道普遍的坡度上升，包括旗山溪達卡努娃橋至八號橋附近(高程約 665 公尺至 375 公尺)、荖濃溪撒啦阿塢橋至六龜大橋附近(高程約 580 公尺至 240 公尺)，在此區段主河道高程經過莫拉克過後普遍河床抬升、坡度增加如圖 3.5.2，圖中各點位的第一行藍字為原始坡度、第二行紅字為莫拉克颱風後坡度，加底線為主河道坡度。

上游河道狹窄，大約在 100 公尺左右，且河道蜿蜒度高(1.3 公尺左右)，一旦遭遇高強度長延時降雨，上游林班地、邊坡崩落，大量土石落下，造成土石堆積，加上河道狹窄、蜿蜒等特性，不利土石傳輸，使得上游河道淤積的土石量，尚無法完全傳輸至下游，種種因素造成高屏溪上游坡度增加、河道高程增加幅度則越往下游遞減。蜿蜒性與河道寬度也是造成旗山溪、荖濃溪破壞類型分段現象的原因之一。旗山溪於第八號橋後，河道漸趨筆直且河道漸寬，而荖濃溪則遲至六龜大橋後，河道才趨於筆直寬闊，從坡度變化數據上也可驗證，在蜿蜒性高、寬度較窄之情況下，不利土石傳輸；此外在蜿蜒度較大的荖濃

溪上，其坡度增加率也大於旗山溪(如圖 3.5.4)。主流河道下游部分，整體河道坡度則幾乎無變化，包括旗山溪楠梓仙溪橋至出海口雙園大橋、荖濃溪六龜大橋以下之間，此區由於已離開蜿蜒區段，輸出至此處之土石量已較為減少，且泥沙上至下的傳輸順暢，縱使河道高程因泥沙堆積上升，但整體坡度卻改變不大。

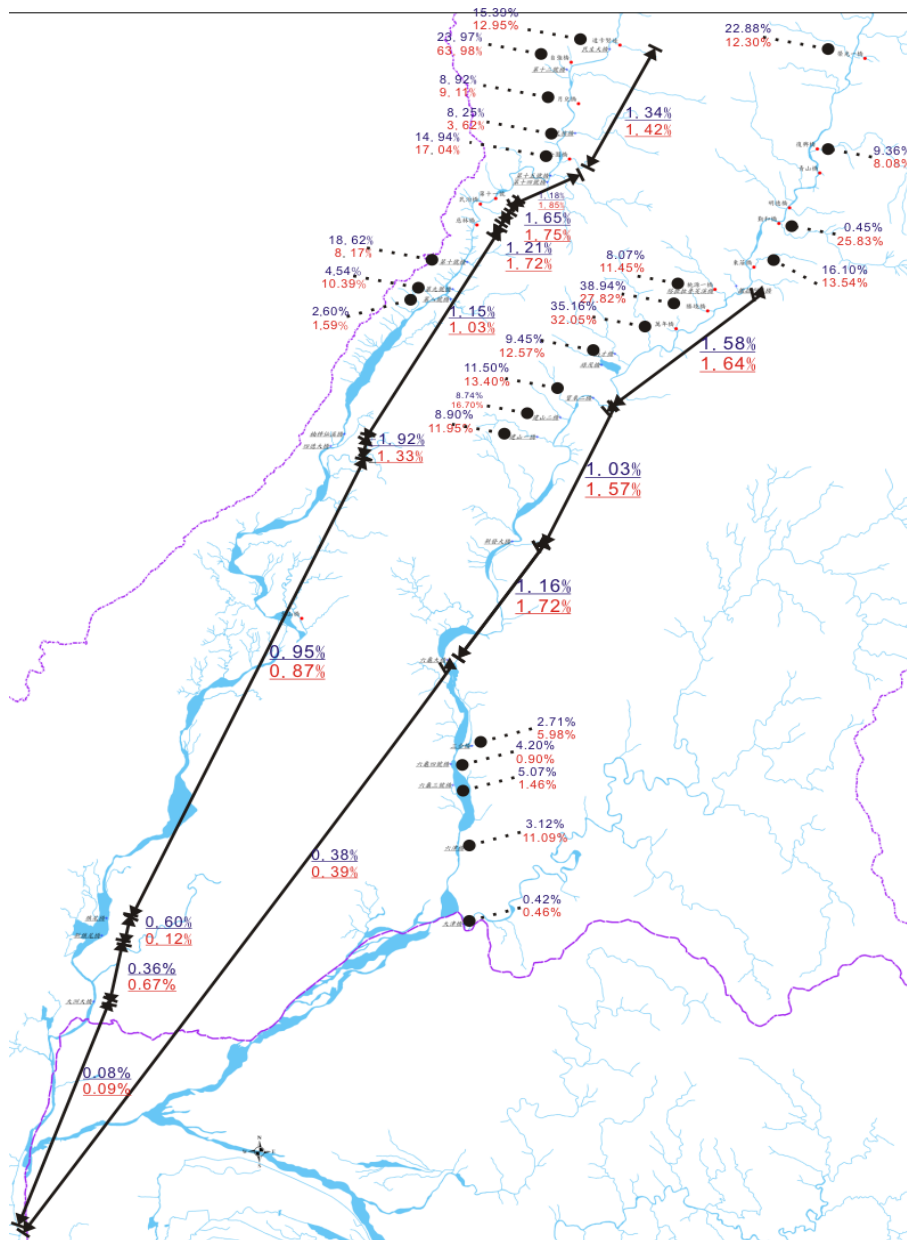


圖 3.5.2 高屏溪整體坡度變化圖

將圖 3.5.2 中各橋梁所在位置高程與河床坡度關係繪製成圖 3.5.3 與圖 3.5.4，可發現高程 350 公尺以上的河床坡度多數大於 8%，而高程 350 公尺以下河床坡度則較為平緩。再比對颱風前後河床坡度變化，可獲知荖濃溪於災後，河床坡度變化約在  $\pm 4\%$  以內，但高程 200 公尺到 500 公尺間之河床趨向於變陡，高於 550 公尺以上之河段趨向變緩，但因其變動量較大顯示河道受邊坡穩定性之影響顯著。旗山溪於災後，高程低於 500 公尺以下之河段其坡度變化皆趨於零。高於 500 公尺之河段坡度趨緩。

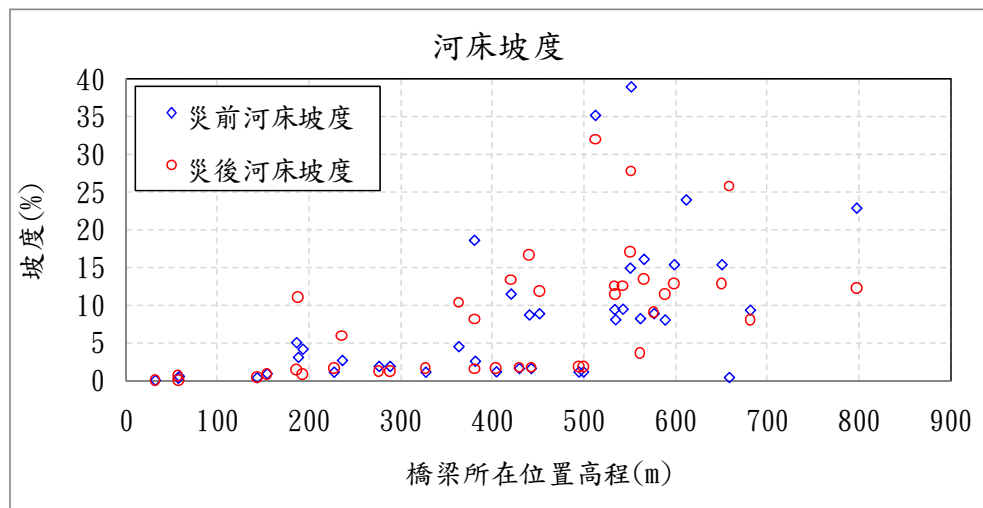


圖 3.5.3 颱風前後橋梁所在位置之坡度

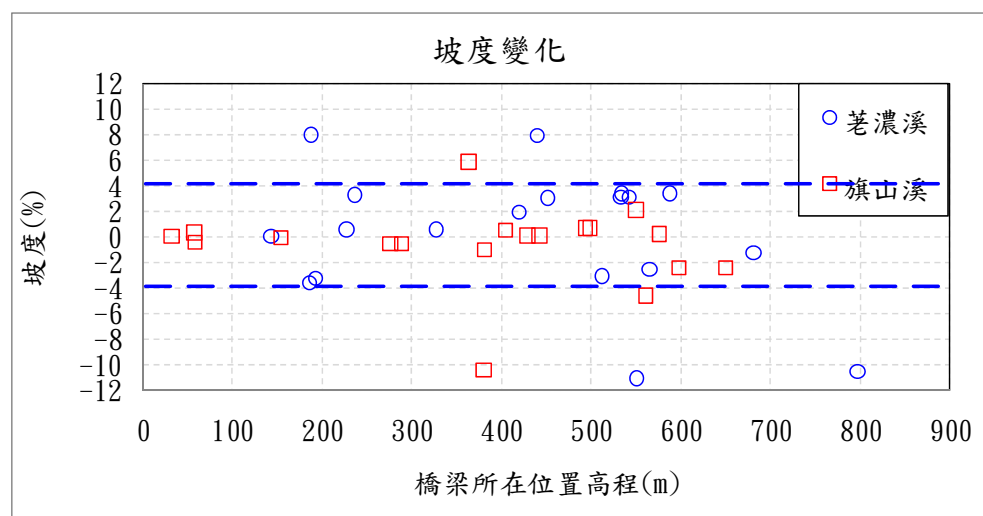


圖 3.5.4 颱風前後橋梁所在位置坡度變化



探討各橋梁高程與土方淤積高度、土方增加量和災後坡度(採用區間為橋梁上下游 100 公尺)等因子間之相互關係(如圖 3.5.5與圖 3.5.6)，可獲知旗山溪土方主要淤積於高程 250 公尺至 650 公尺之間，其淤積高度為 20 公尺以下，淤積土方量約為 1,000 m<sup>3</sup>/m以下。荖濃溪土方主要淤積於高程 200 公尺至 600 公尺之間，其淤積高度主要為 30 公尺以下，淤積土方量為 2,000 m<sup>3</sup>/m以下，僅有少數橋梁淤積土方量高於 3,000 m<sup>3</sup>/m以上。

由淤積土方圖顯示大於 2,000 m<sup>3</sup>/m 的土方主要淤積於高程 100 公尺以下，而低於 2,000 m<sup>3</sup>/m 的土方主要淤積於高程 700 公尺以下，由此顯示土石流將土石由上游往下游帶後，在高程 700 公尺時開始累積土石，下降到高程 400 公尺時，土石已大量淤積下來，當下降到高程 200 公尺時，河川之底床載已少量僅有粗粒之懸浮載，亦即土石幾乎全數沉降淤積於高程 200 公尺以上的區域，鑑於以上分析，荖濃溪經由莫拉克颱風作用後，其河道坡度變化較大，未來河道流速流量會加大，對於橋梁結構物之沖刷勢必加大，旗山溪之河道坡度變化較小，河性變化較小。但土石在災後大致停留在高程 300 公尺到 700 公尺之間，對於在此高程間之橋梁應特別注意未來高流速下高懸浮載時橋梁之衝擊造成之橋梁材料破壞與老化問題及下游河床沖刷加劇等問題之防治。

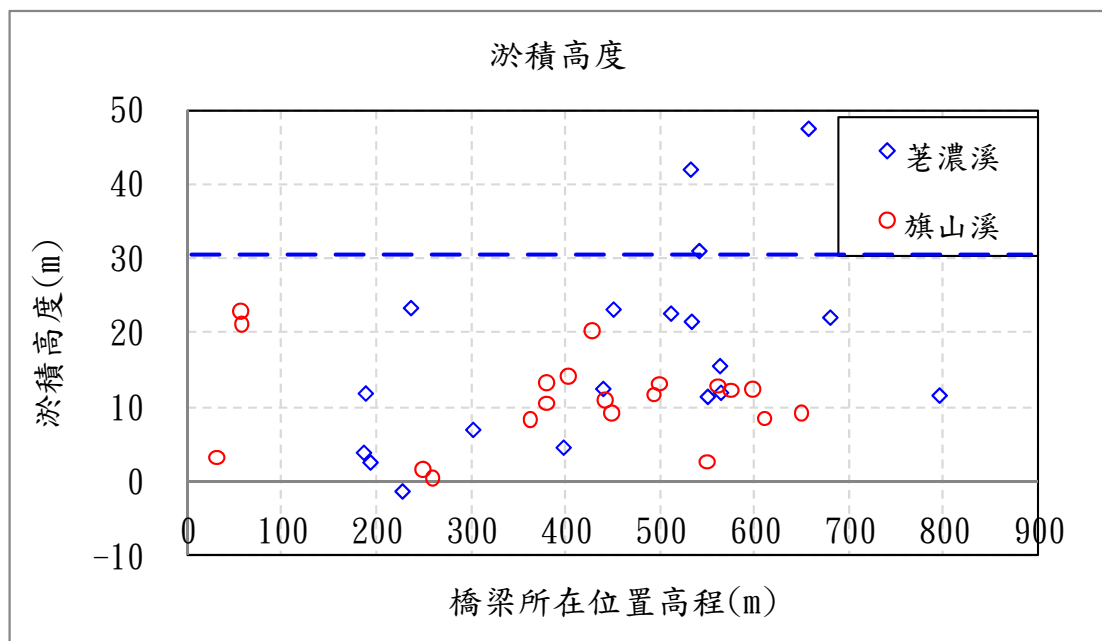


圖 3.5.5 各橋梁高程與土方淤積高度圖

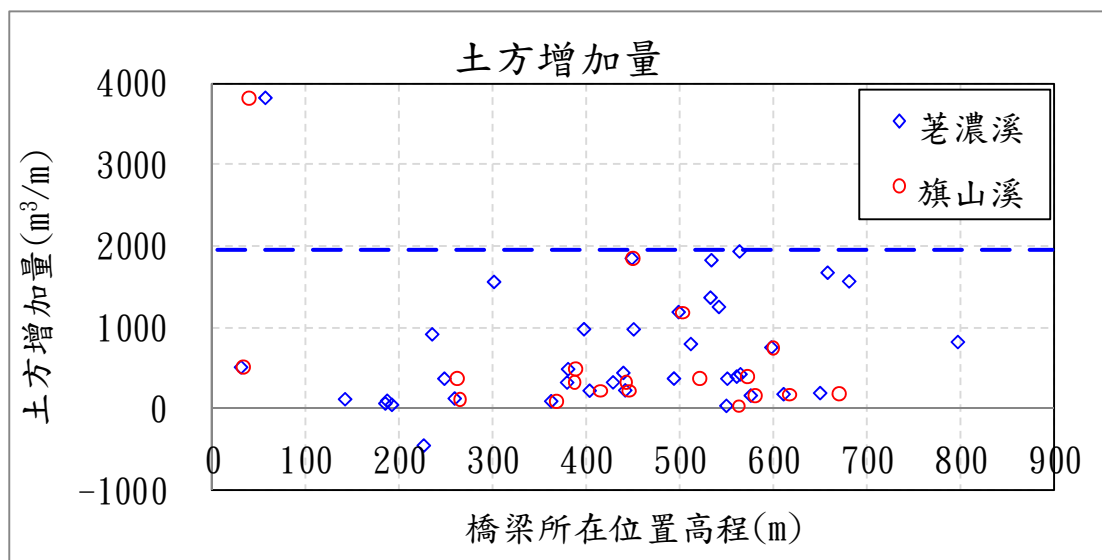


圖 3.5.6 各橋梁高程與土方增加圖

配合橋梁與堰塞湖之空間關係(如表 3.5.2所示)，損壞的 48 座橋梁中均無位於第 5、6、7、8 與 9 號堰塞湖 3 公里範圍內，其餘皆在 1 公里內有鄰近的橋梁，由此可推知離堰塞湖 1 公里範圍內橋梁無論河道蜿蜒性為何，高程超過 200 公尺時，其土方淤積皆超過 10 公尺，甚至高達 20 公尺以上，僅有高程 200 公尺以下因河道較寬，水流分散，河

床淤積高較低。因此距離發生堰塞湖高風險區 1 公里內應避免構築跨河橋梁，以免受到堰塞湖潰決時所帶來的大量洪水、土石激流及大量土石流淤積河道，造成橋梁破壞。

表 3.5.2 堰塞湖與鄰近 1 公里內橋梁關係分析表

| 堰塞湖編號 | 堰塞湖高程(公尺) | 鄰近橋名 | 橋梁高程(公尺) | 兩者間距離(公里) | 橋長(公尺) | 河道蜿蜒度 | 土方淤積高(公尺) | 土方增加量(m <sup>3</sup> /m) |
|-------|-----------|------|----------|-----------|--------|-------|-----------|--------------------------|
| 0     | 946       | 榮光一橋 | 797      | 1.1       | 71     | 1.08  | 11.4      | 811                      |
| 1     | 867       | 復興橋  | 681      | 1.0       | 71     | 1.18  | 21.9      | 1557                     |
| 2     | 530       | 建山二橋 | 440      | 0.7       | 35     | 1.47  | 12.3      | 431                      |
| 3     | 690       | 第十號橋 | 380      | 0.9       | 30     | 1.40  | 10.4      | 313                      |
| 4     | 134       | 大津橋  | 143      | 0.9       | 250    | 1.78  | 0.4       | 108                      |

若將各損壞橋梁依其所在河系，如荖濃溪(如圖 3.5.6)與旗山溪(如圖 3.5.7)，將其空間關係以最上游損壞橋梁作為原始點(荖濃溪為武雄橋(高程 2,361 公尺)；旗山溪為達卡努娃橋(高程為 650 公尺))，標示出各橋梁與堰塞湖、土石災害及土石流潛勢溪流之位置。由圖 3.5.7顯示荖濃溪從最上游受損的武雄橋到大津橋之間坡度約可分為三個區段，第一段為由武雄橋到唯金溪橋(高程 1049 公尺)，其直線距離約為 5.3 公里，高程差為 1312 公尺，平均每 1 公尺高程下降 25 公分；第二段為唯金溪橋到明德橋(高程 669 公尺)，其直線距離約為 9.5 公里，高程差為 380 公尺，平均每 1 公尺高程約下降 4 公分，且 0 號、1 號、7 號與 9 號四處的堰塞湖發生在這個區段；再由明德橋到最下游損壞的大津橋(高程 143 公尺)，其直線距離約為 38.2 公里，高程差為 487 公尺，平均每 1 公尺高程約下降 1.4 公分，此區段僅有 2 號堰塞湖發生，且土石流潛勢溪流與土石災害主要分布在此區間，其中土石災害發生位置集中在高程 450 公尺至 200 公尺之間，土石流潛勢溪流則分布於高程 540 公尺附近與高程 150 公尺至 200 公尺之間；而圖 3.5.8顯示旗山溪從最上游損壞的達卡努娃橋(高程 650 公尺)到最下游的大洲大橋(高程 32 公尺)，其直線距離約為 52.5 公里，高程差為 618 公尺，平均每 1

公尺高程約下降 1.2 公分。顯示荖濃溪與旗山溪約在高程 650 以下的坡度下降程度相當。由此即可推知土石大量淤積於此區段應與坡度具有相關的關係。

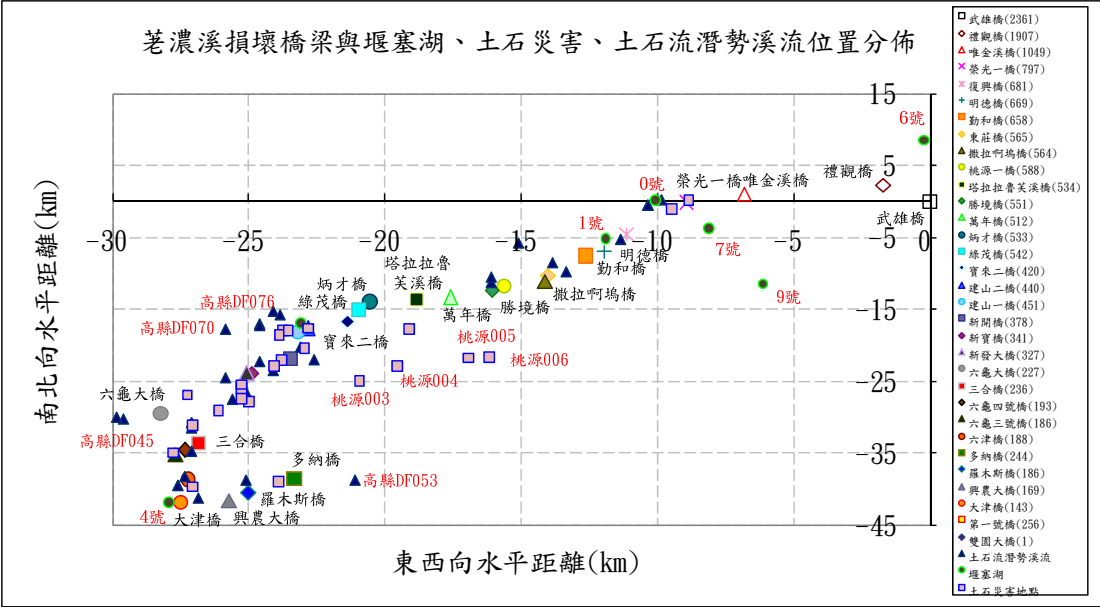


圖 3.5.7 荖濃溪各損壞橋梁與堰塞湖、土石災害、土石流潛勢溪流位置圖

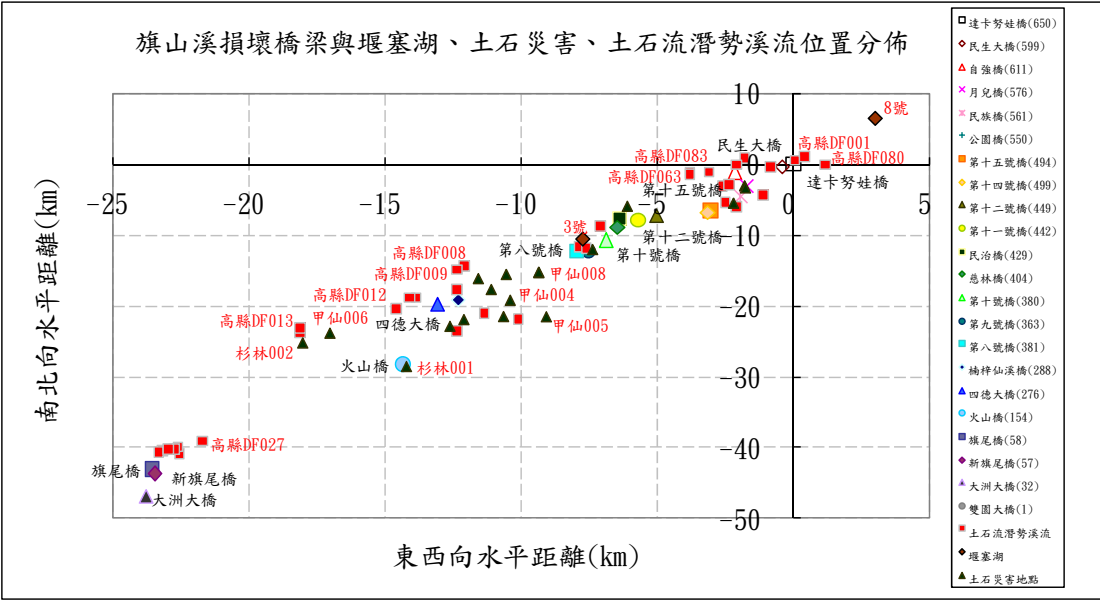


圖 3.5.8 旗山溪各損壞橋梁與堰塞湖、土石災害、土石流潛勢溪流位置圖

## 第四章 損壞橋梁之災因探討與分析

由橋梁損壞型態可發現其主要破壞原因大致因土石流潛勢溪流、崩塌地、堰塞湖、河道沖刷而造成各橋梁破壞，但亦非皆具相同原因，由破壞型態分類分析，亦可發現在不同高程之橋梁其破壞主因不同；因此本章節便以高程 300 公尺與 100 公尺作為影響橋梁損壞的環境因素分界點，進一步探討各橋梁的災損原因。高程 300 公尺以上橋梁破壞原因為高複合型環境影響因素造成，主要為河道受鄰近河岸邊坡破壞而形成之土石流、崩塌地、堰塞湖影響而導致大量土石淤積河道，河床淤高，又跨河橋梁處之河道斷面狹窄，使得橋梁之通水面積不足，衝擊破壞，甚至被土石掩埋。高程 300 公尺至 100 公尺間橋梁破壞原因則為低複合型環境影響因素造成，主要為河道受土石局部淤積而非全斷面淤高，進而形成河道流向改變，造成河道部份淤高形成水流溢過橋梁，部份河道受沖刷而橋梁局部斷橋。高程低於 100 公尺之橋梁破壞主要因素則為沖刷所造成，此區間河道坡降相當平緩且河道斷面變寬，因此跨越河道下游之橋梁皆受高懸浮載，包括土石、浮木之衝擊及對橋墩基礎沖刷而破壞之型態，但河道河床淤高提升之量較小。

## 4.1 荖濃溪高程七百公尺以上損壞的橋梁

荖濃溪在高程 700 公尺以上共有 4 座橋梁損壞，分別為武雄橋、禮觀橋、唯金溪橋與榮光一橋等 4 座橋梁。各橋梁相關地理位置、災前災後狀況、環境因子分布位置與斷面資料敘述如下：

### 一、 武雄橋

武雄橋相關資料如下表 4.1.1 所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 137K+945M 處(a圖)，橋梁長度為單跨 25 公尺，橋面寬度為 15 公尺，其所在位置河道高程為 2,361 公尺(i圖)，該橋跨越山區野溪，位於路線彎道處(a圖)，由其斷面圖(i)顯示橋梁右岸邊坡坡度達 47 度，左岸邊坡坡度達 53 度，鄰近的南天池雨量站 48 小時累積雨量達 1,361mm(g圖)，再由表中(c)、(d)、(e)與(f)的照片研判該橋破壞原因主要為山區豪大雨過後，導致山溝兩側邊坡崩塌，大量土石衝擊該橋梁，造成該橋毀損。

### 二、 禮觀橋

禮觀橋相關資料如下表 4.1.2 所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 129K+242M 處(a圖)，橋梁長度為單跨 18 公尺，橋面寬度為 4 公尺，其所在位置河道高程為 1,907 公尺(b圖)，該橋跨越山區荖濃溪支流，且位於路線彎道處(a圖)，鄰近的南天池雨量站 48 小時累積雨量達 1,361mm(f圖)，由表中(c)、(d)與(e)的照片研判該橋破壞原因主要為山區豪大雨過後，導致山溝兩側邊坡崩塌，大量土石衝擊該橋梁，造成該橋毀損。

### 三、 唯金溪橋

唯金溪橋相關資料如下表 4.1.3 所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 114K+202M 處(a圖)，橋梁長度為單跨 24 公尺，橋面寬度為 4 公尺，其所在位置河道高程為 1,049 公尺(b圖)，該橋跨越唯金溪，且位於路線彎道處(a圖)，鄰近的梅山雨量站 48 小時累積雨量達 1,172mm(f圖)，由表中(c)、(d)與(e)的照片研判該橋破壞原因

主要為山區豪大雨過後，導致山溝兩側邊坡崩塌，大量土石衝擊該橋梁，造成該橋毀損。

#### 四、榮光一橋

榮光一橋相關資料如下表 4.1.4所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 109K+561M處(a圖)，橋梁長度為單跨 35 公尺，橋面寬度為 4.2 公尺，其所在位置河道高程為 797 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)，鄰近的梅山雨量站 48 小時累積雨量達 1,296 mm(f圖)，最大時雨量為 8 月 8 日 23:00 的 116 mm/hr。由表中(c)、(d)與(e)的照片研判該橋破壞原因主要為山區豪大雨過後，導致邊坡崩塌，大量土石與降雨形成土石流衝擊該橋梁，造成河道全面淤高與橋梁毀損。再由(g)圖顯示該橋位於中潛勢土石溪流(高縣DF055)的下游處，且附近有桃源 002 的土石崩塌災情，研判土石崩塌後，大量的雨水將土石帶往土石潛勢溪流(高縣DF055)，因此當土石流爆發時，首當其衝的便是位於下游處的榮光一橋。



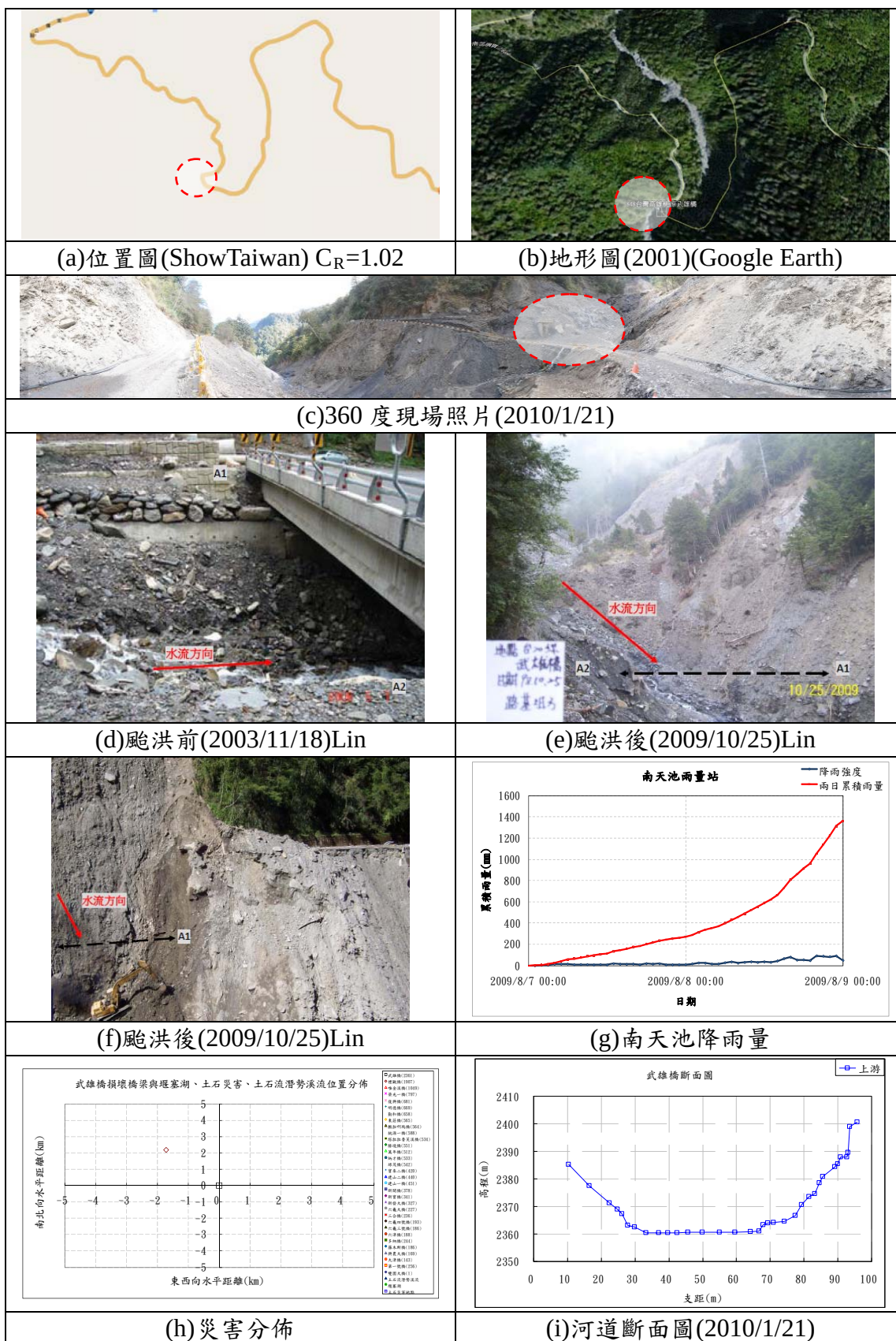


表 4.1.1 武雄橋相關資料表



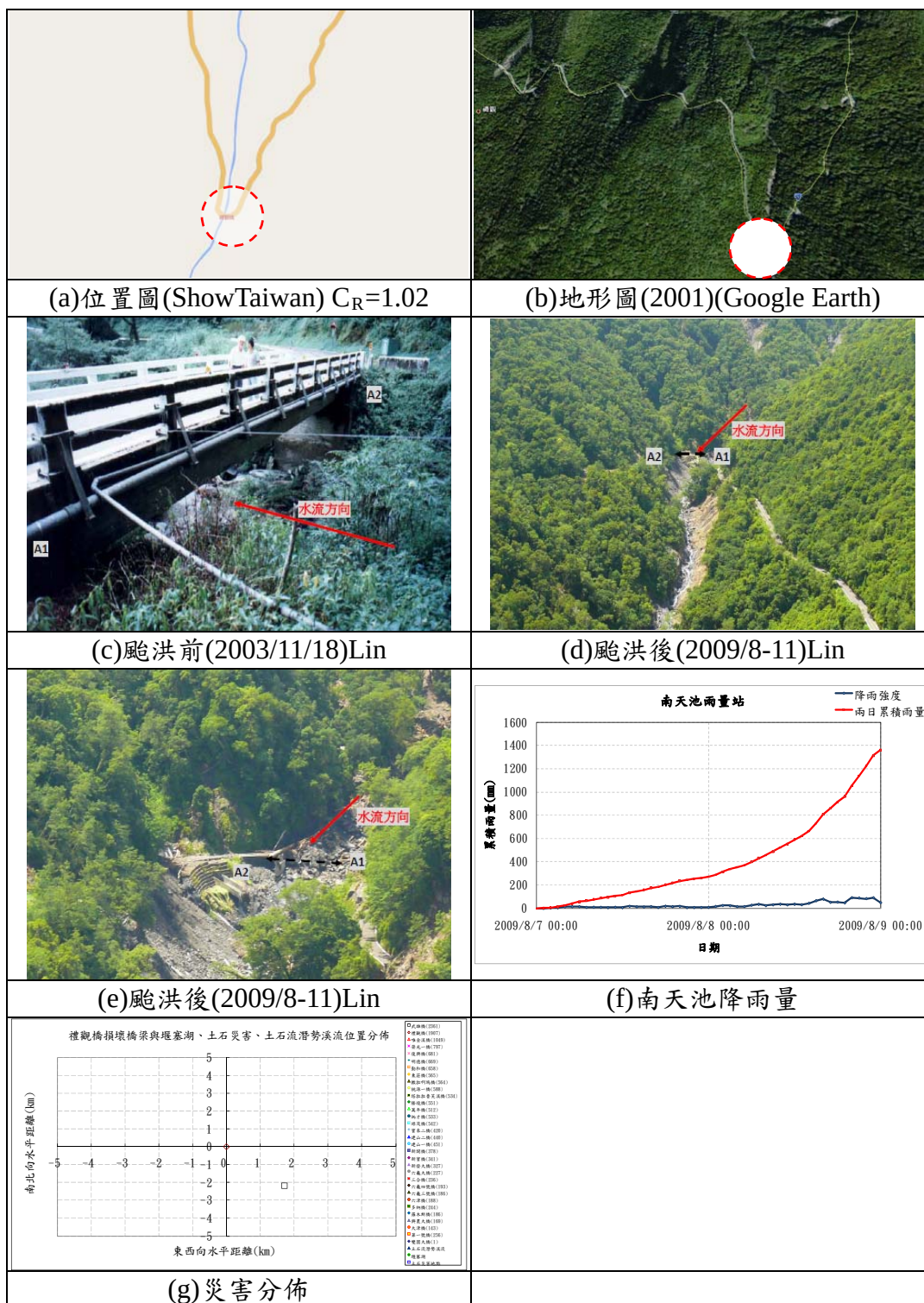


表 4.1.2 禮觀橋相關資料表

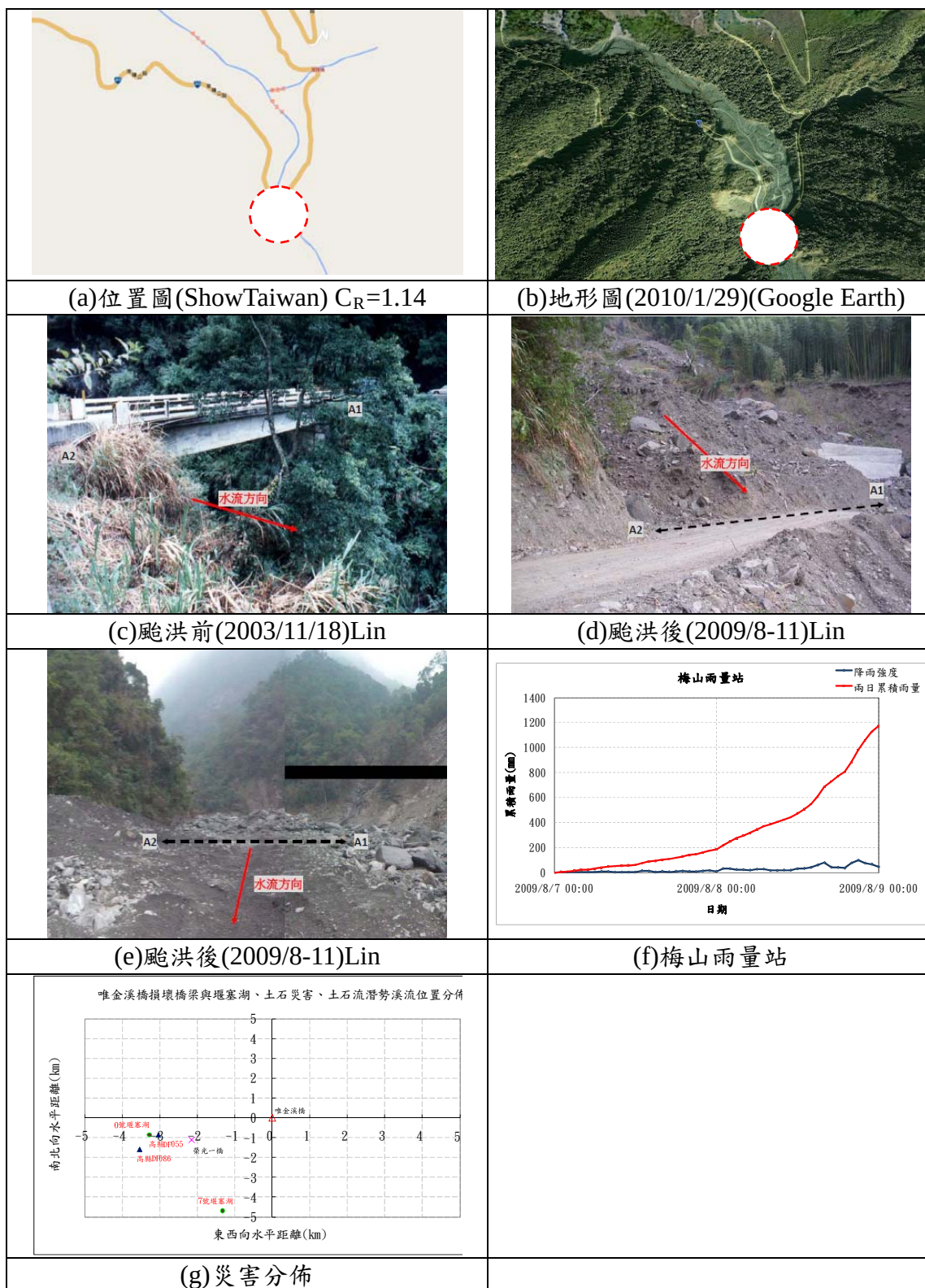


表 4.1.3 唯金溪橋相關資料表





## 4.2 荖濃溪高程三百公尺至七百公尺間損壞的橋梁

荖濃溪在高程 300 公尺至 700 公尺之間共有 17 座橋梁損壞，分別為復興橋、明德橋、勤和橋、東莊橋、撒啦阿塢橋、桃源一橋、塔拉拉魯芙溪橋、勝境橋、萬年橋、炳才橋、綠茂橋、寶來二橋、建山二橋、建山一橋、新開橋、新寶橋與新發大橋等 17 座橋梁。各橋梁相關地理位置、災前災後狀況、環境因子分布位置與斷面資料敘述如下：

### 一、復興橋

復興橋相關資料如下表 4.2.1 所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 103K+852M 處(a圖)，橋梁為三跨曲線橋，跨長分別為 18、35 與 18 公尺，全長為 71 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 681 公尺(i圖)，該橋跨越拉克斯溪，鄰近於荖濃溪(a圖)，鄰近的梅山雨量站 48 小時累積雨量達 1,172 mm(g圖)，由表中(h)圖觀察可知該橋附近上游處有兩處的堰塞湖潰決，分別為 0 號與 7 號堰塞湖，由此研判此兩處堰塞湖潰決時將對下游處此橋梁造成影響，配合表中(d)圖可知該橋橋底淨高達 22 公尺，再由(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積相當嚴重，研判應為上游兩處堰塞湖崩塌後，加上上游處豪大雨，導致大量的土石撞擊該橋梁，導致該橋毀損與河道全面的淤積。

### 二、明德橋

明德橋相關資料如下表 4.2.2 所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路三段沿線 99K+033M 處(a圖)，橋梁為單跨 11 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 669 公尺(b圖)，該橋跨越荖濃溪支流，且相當鄰近於荖濃溪主流(a圖)，位於山溝與主流匯流處。鄰近的小關山雨量站 48 小時累積雨量達 1,453mm(f圖)，由(g)圖觀察可知該橋附近上游處有 1 號與 7 號堰塞湖與編號為高縣 DF056 的高潛勢土石溪流，由此研判堰塞湖潰決時與土石溪流將對此橋梁造成影響，配合表中(c)圖可知該橋橋底僅 6 公尺，通洪斷面嚴重不足，再由(d)與(e)圖顯示災後河道淤積相當嚴重，研判應為上游堰

塞湖崩塌後，加上豪大雨，導致大量的土石撞擊該橋梁，導致該橋流失毀損與河道全面淤積。

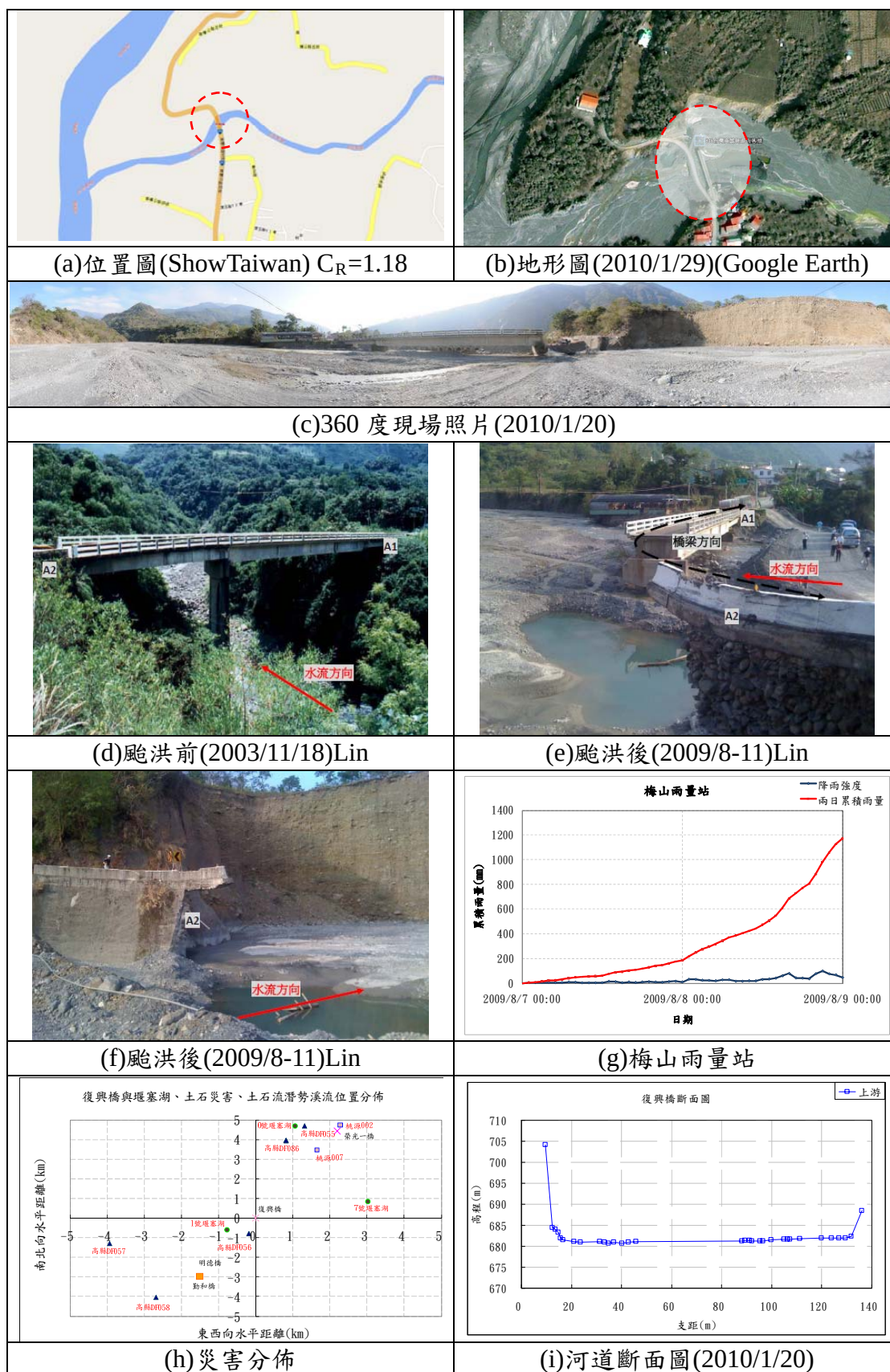


表 4.2.1 復興橋相關資料表



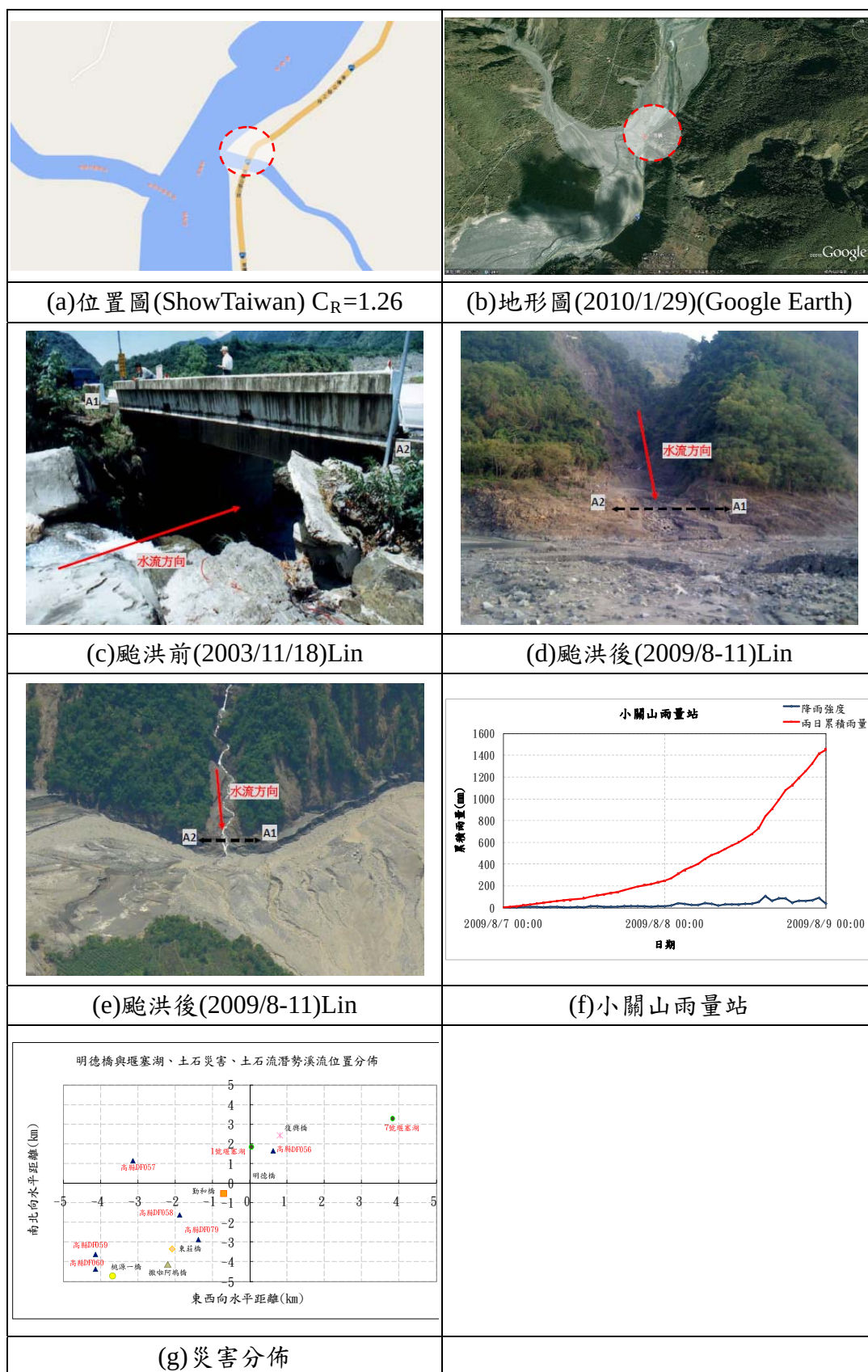


表 4.2.2 明德橋相關資料表

### 三、勤和橋

勤和橋相關資料如下表 4.2.3所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 98K+976M處(a圖)，橋梁為兩跨 35.1 公尺，各跨分別為 17.6 公尺與 17.5 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 658 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流，且相當鄰近於荖濃溪主流(a圖)，位於支流與主流匯流處。(f)圖顯示鄰近的小關山雨量站 28 小時累積雨量達 1,453mm，觀察(h)圖可知該橋附近上游處有 1 號與 7 號堰塞湖和高潛勢土石溪流(高縣DF056)，由此研判此堰塞湖潰決時與土石溪流將對下游處此橋梁造成影響，表中(d)圖顯示該橋橋底淨高約為 11.2 公尺，再由(c)、(e)與(g)圖顯示災後河道淤積相當嚴重，研判應為上游堰塞湖潰決後，加上豪大雨形成土石流，導致大量的土石隨著河流被攜帶至此撞擊該橋梁，導致該橋流失毀損與河道全面的淤積。

### 四、東莊橋

東莊橋相關資料如下表 4.2.4所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 96K+223M處(a圖)，橋梁為兩跨 35.1 公尺，各跨分別為 17.6 公尺與 17.5 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 565 公尺(i圖)，該橋跨越少年溪，且鄰近於荖濃溪(a圖)。(f)圖顯示鄰近的小關山雨量站 48 小時累積雨量達 1,453mm，由(h)圖觀察可知該橋上游處有編號高縣DF058 與高縣DF079 的土石流潛勢溪流，再由(g)圖可觀察該橋正好位於高潛勢土石溪流(高縣DF079)下游處，配合(c)、(d)與(e)圖顯示災後河道淤積相當嚴重，研判應為上游邊坡崩塌後，加上豪大雨導致大量土石流形成，土石流直接沖擊該橋梁，導致該橋流失毀損與河道全面的淤積。



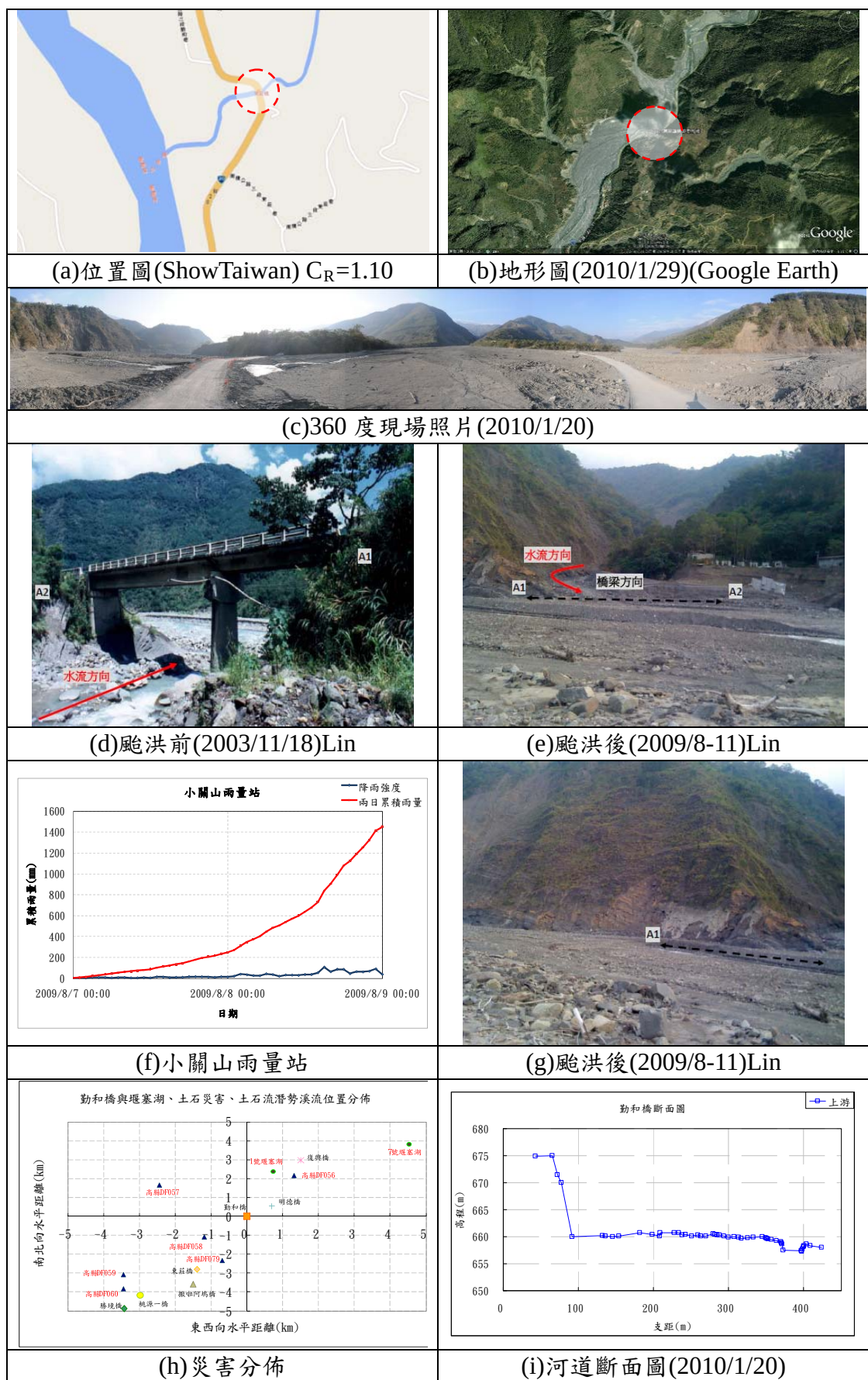


表 4.2.3 勤和橋相關資料表

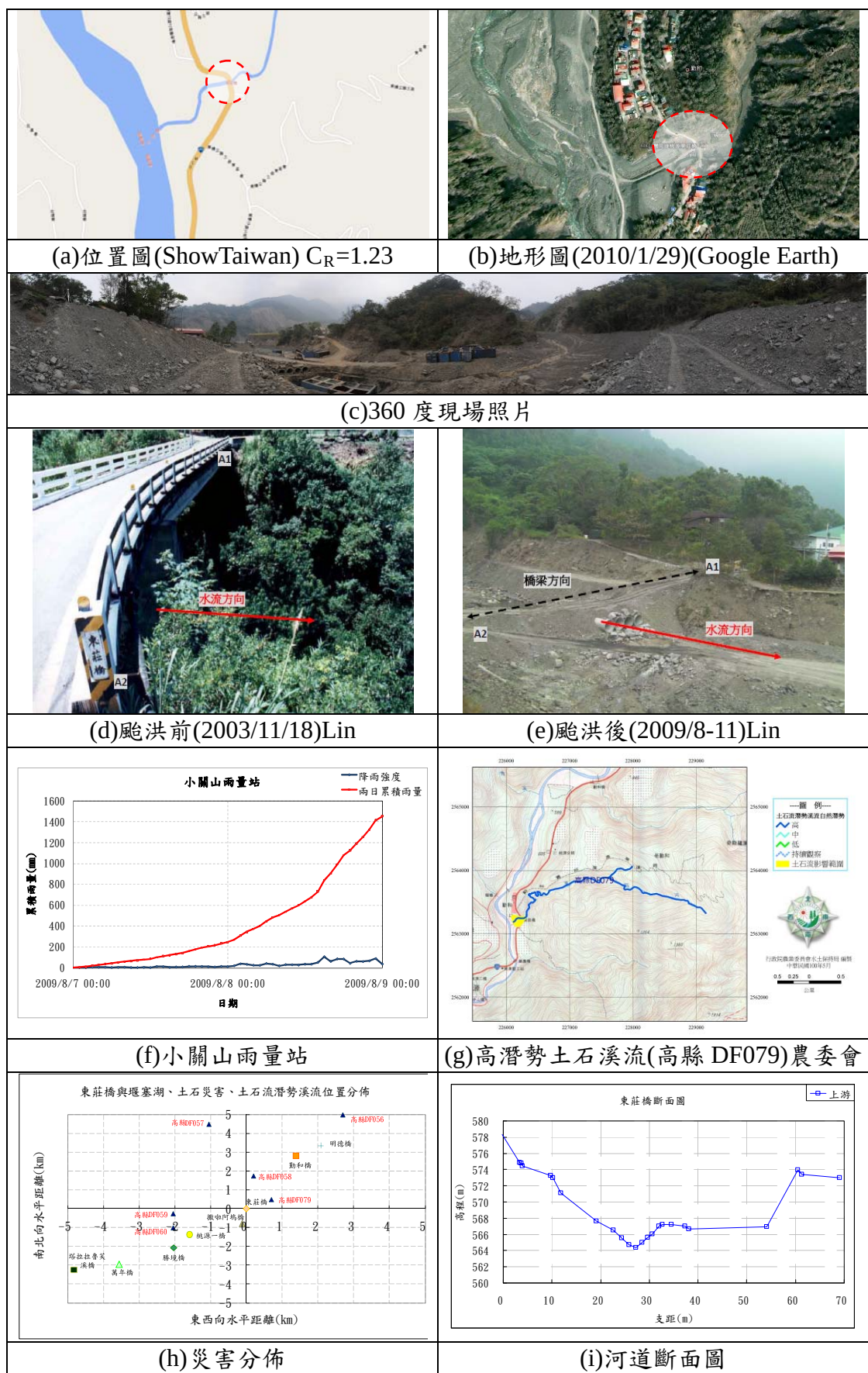


表 4.2.4 東莊橋相關資料表

## 五、撒啦阿塢橋

撒啦阿塢橋相關資料如下表 4.2.5所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路三段沿線 95K+506M處(a圖)，橋梁為四跨 125 公尺，各跨分別為 3 跨 35 公尺與 1 跨 20 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 544 公尺，鄰近的小關山雨量站 48 小時累積雨量達 1,453mm，莫拉克颱風後平均淤積高度約為 15 公尺，淤積土方約為 2,003m<sup>3</sup>/m，該橋跨越荖濃溪主流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處橋梁為明德橋、勤和橋與東莊橋，且有兩條高潛勢土石溪流，(c)圖顯示橋下靜高約為 13.7 公尺，配合(d)與(e)圖顯示災後河道大幅拓寬且淤積相當嚴重，研判應為上游堰塞湖潰決與土石流，加上豪大雨導致大量的土石被攜帶至此撞擊該橋，導致該橋流失毀損與河道全面淤積。

## 六、桃源一橋

桃源一橋相關資料如下表 4.2.6所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 93K+588 處(a圖)，橋梁為單跨 23.6 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 588 公尺(i圖)，該橋跨越少年溪(a圖)，其鄰近的小關山雨量站 48 小時累積雨量達 1,453mm(f圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有兩處高潛勢土石溪流，分別是編號為高縣DF059 與高縣DF060 的高潛勢土石溪流，由(d)圖顯示橋下靜高為 10.2 公尺，配合(c)、(e)與(g)圖顯示災後河道大幅拓寬且淤積相當嚴重，研判應為上游土石溪流攜帶大量土石隨著河流攜帶至此撞擊該橋梁，導致該橋流失毀損與河道全面的淤積。



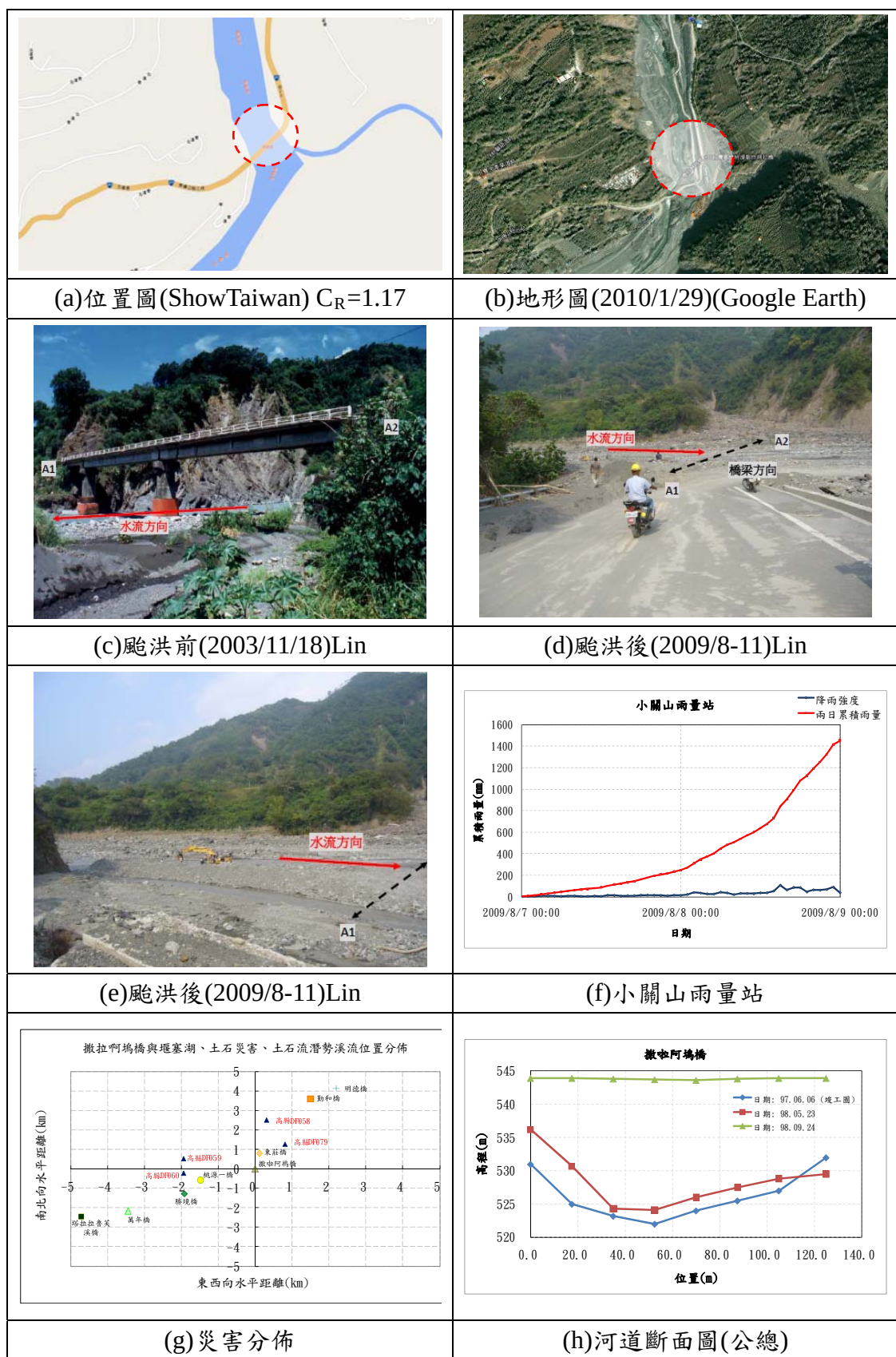


表 4.2.5 撒啦阿塢橋相關資料表

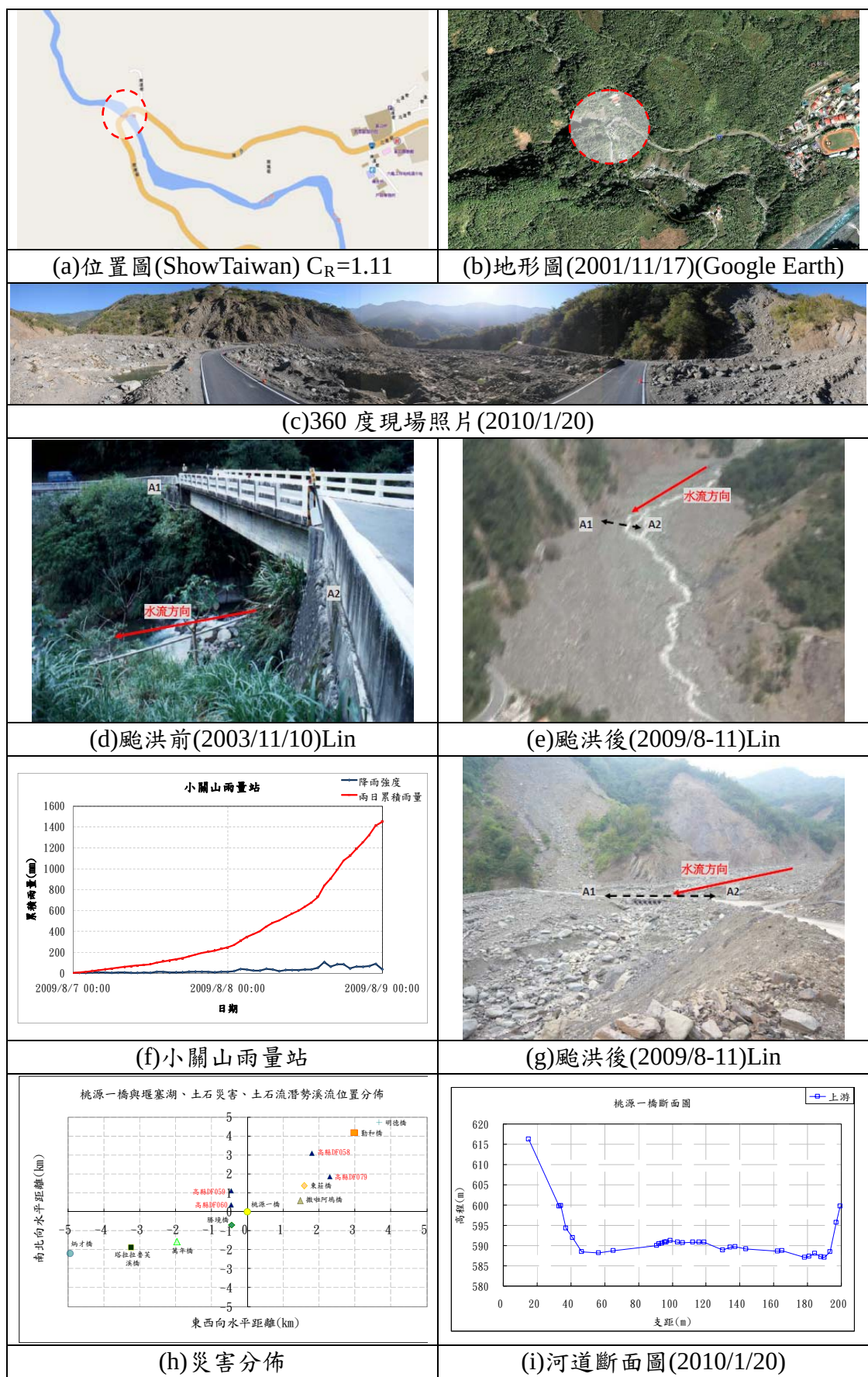


表 4.2.6 桃源一橋相關資料表

## 七、勝境橋

勝境橋相關資料如下表 4.2.7所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 91K+929 處(a圖)，且位於路線彎道處，橋梁為兩跨 32 公尺，單跨均為 16 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 551 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)，鄰近的藤枝雨量站 48 小時累積雨量達 1,569mm(f圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有四處高潛勢土石溪流，分別為高縣DF058、高縣DF059、高縣DF060 與高縣DF079，(d)圖顯示橋下靜高為 12.6 公尺，I、(e)與(g)圖顯示災後橋梁上游邊坡嚴重崩塌，再由(i)圖顯示該橋右岸邊坡坡度高達 79 度，左岸邊坡坡度高達 75 度，兩側邊坡均相當陡峭，邊坡土石相形不易穩定，加上豪大雨的衝擊，導致大量土石崩落撞擊橋梁導致該橋毀損。

## 八、萬年橋

萬年橋相關資料如下表 4.2.8所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 89K+859 處(a圖)，且位於路線彎道處，橋梁為兩跨 35 公尺，分別為 10 公尺與 25 公尺，橋面寬度為 5.2 公尺，其所在位置河道高程為 512 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)，鄰近的藤枝雨量站 48 小時累積雨量達 1,569mm(f圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有四處高潛勢土石溪流，分別為高縣DF058、高縣DF059、高縣DF060 與高縣DF079，由(d)圖顯示橋下靜高約為 10.5 公尺，(c)、(e)與(g)圖顯示災後橋梁上游邊坡嚴重崩塌，再由(i)圖顯示該橋左側邊坡坡度達 36 度，右側邊坡坡度達 25 度，邊坡土石受到豪大雨的衝擊，大量土石崩落導致橋台處毀損。



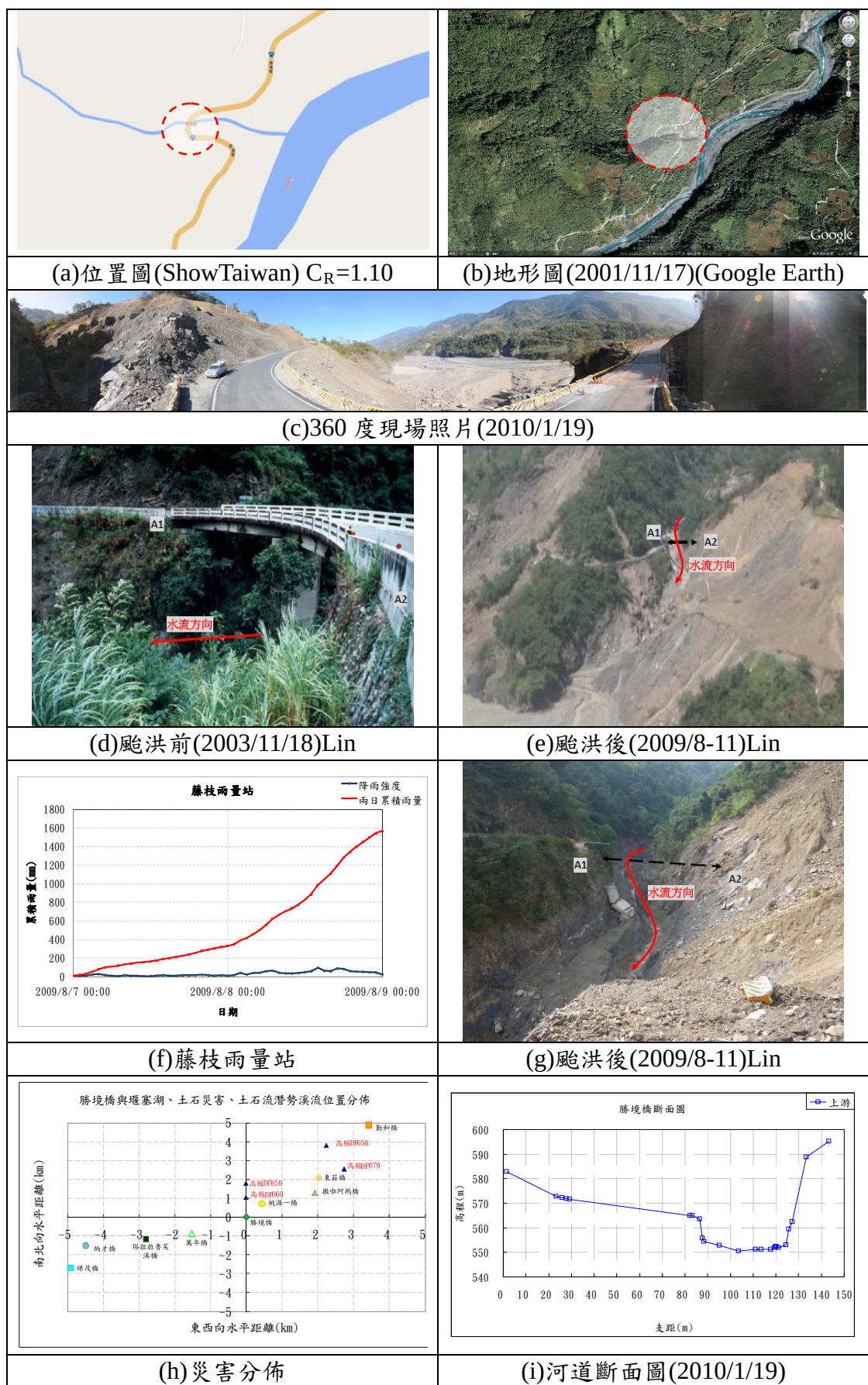


表 4.2.7 勝境橋相關資料表

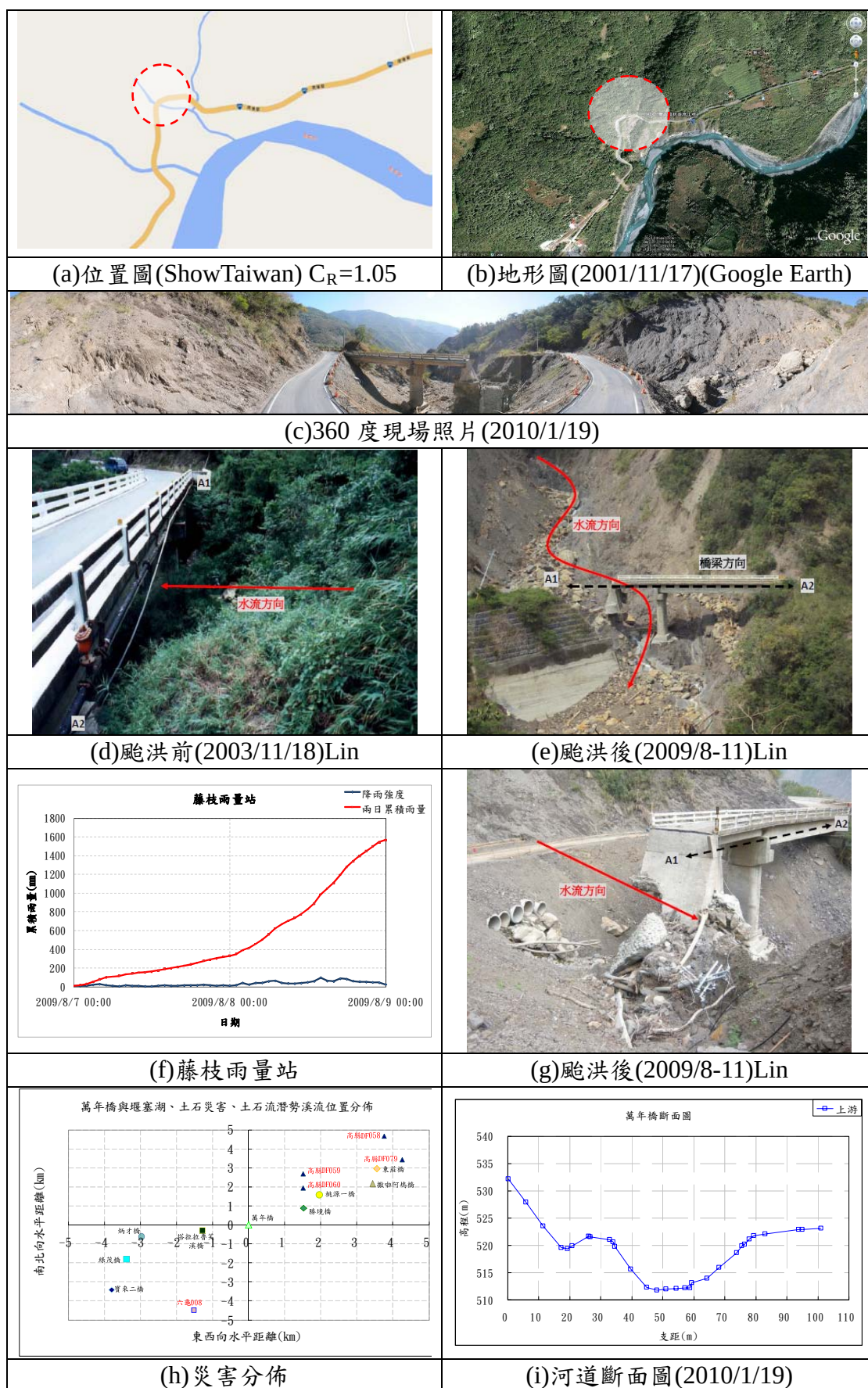


表 4.2.8 萬年橋相關資料表



## 九、塔拉拉魯芙溪橋

塔拉拉魯芙溪橋相關資料如下表 4.2.9所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 86K+948M處(a圖)，橋梁為三跨 85 公尺，各跨長度為 25.5、34 與 25.5 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 534 公尺(i圖)，該橋跨越塔留羅溪(a圖)，鄰近的高中雨量站 48 小時累積雨量達 1,832mm(g圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有兩處高潛勢土石溪流，分別為高縣DF059 與高縣DF060，由(d)圖顯示橋下靜高為 25 公尺，配合I、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積相當嚴重，由(i)圖顯示河道右岸邊坡坡度達 39 度，左岸邊坡坡度達 53 度，研判橋梁損壞應與豪大雨導致左岸邊坡土石崩塌，撞擊橋梁導致該橋斷裂。

## 十、炳才橋

炳才橋相關資料如下表 4.2.10所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 85K+169M處(a圖)，橋梁為兩跨 32.4 公尺，各跨長度為 25 與 7.4 公尺，橋面寬度為 5.6 公尺，其所在位置河道高程為 533 公尺(i圖)，該橋跨越埔頭溪，且位於路線彎道處(a圖)，鄰近的高中雨量站 48 小時累積雨量達 1,832mm(g圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有兩處高潛勢土石溪流，分別為高縣DF059 與高縣DF060，由(d)圖顯示橋下靜高約為 26 公尺，由(d)與(i)圖顯示原本陡峭的河道邊坡於災後變得相當平緩，配合(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道全面淤積嚴重，研判橋梁損壞應與豪大雨導致河道邊坡土石崩塌，導致該橋受到大量土石撞擊損毀。

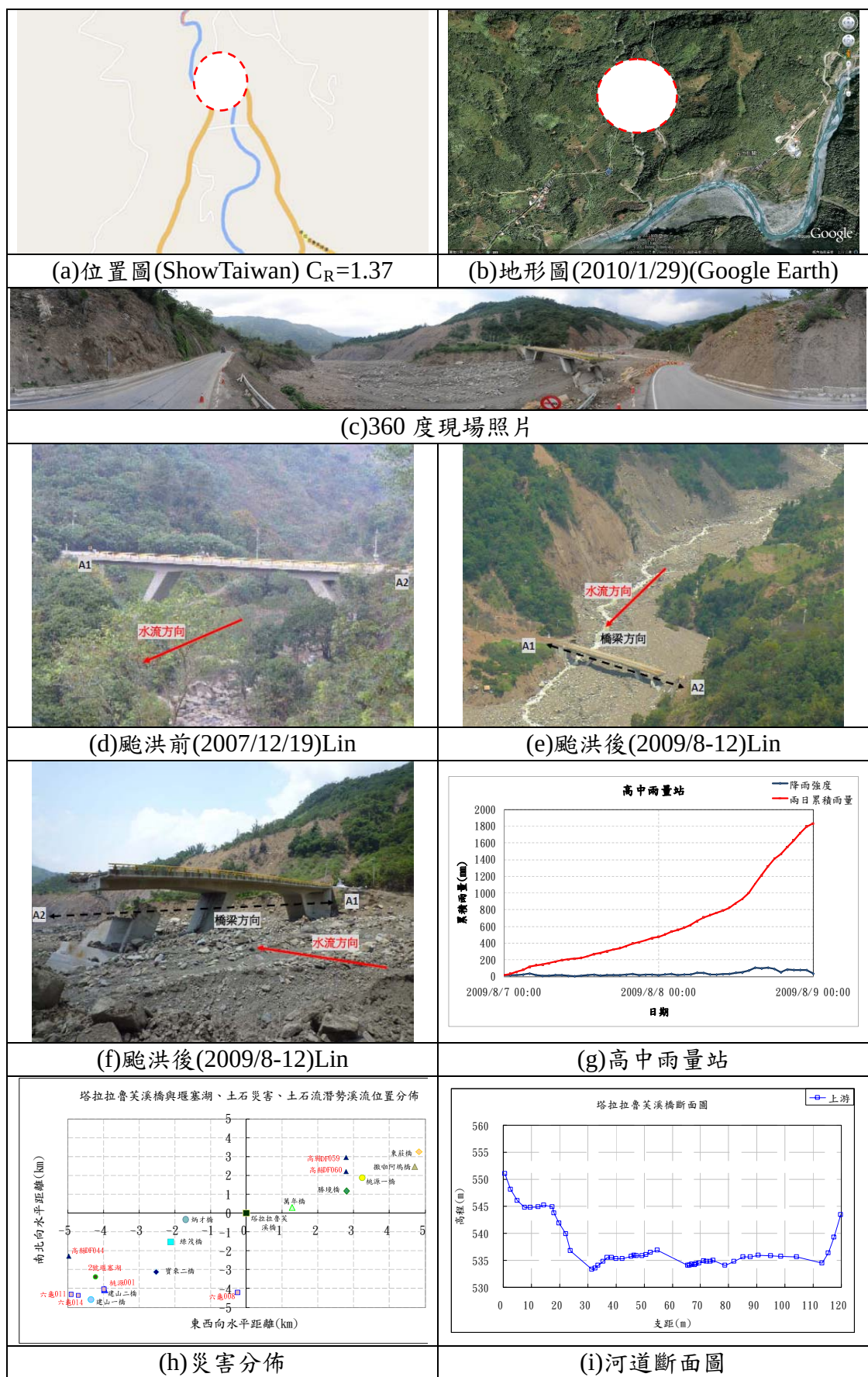


表 4.2.9 塔拉拉魯芙溪橋相關資料表

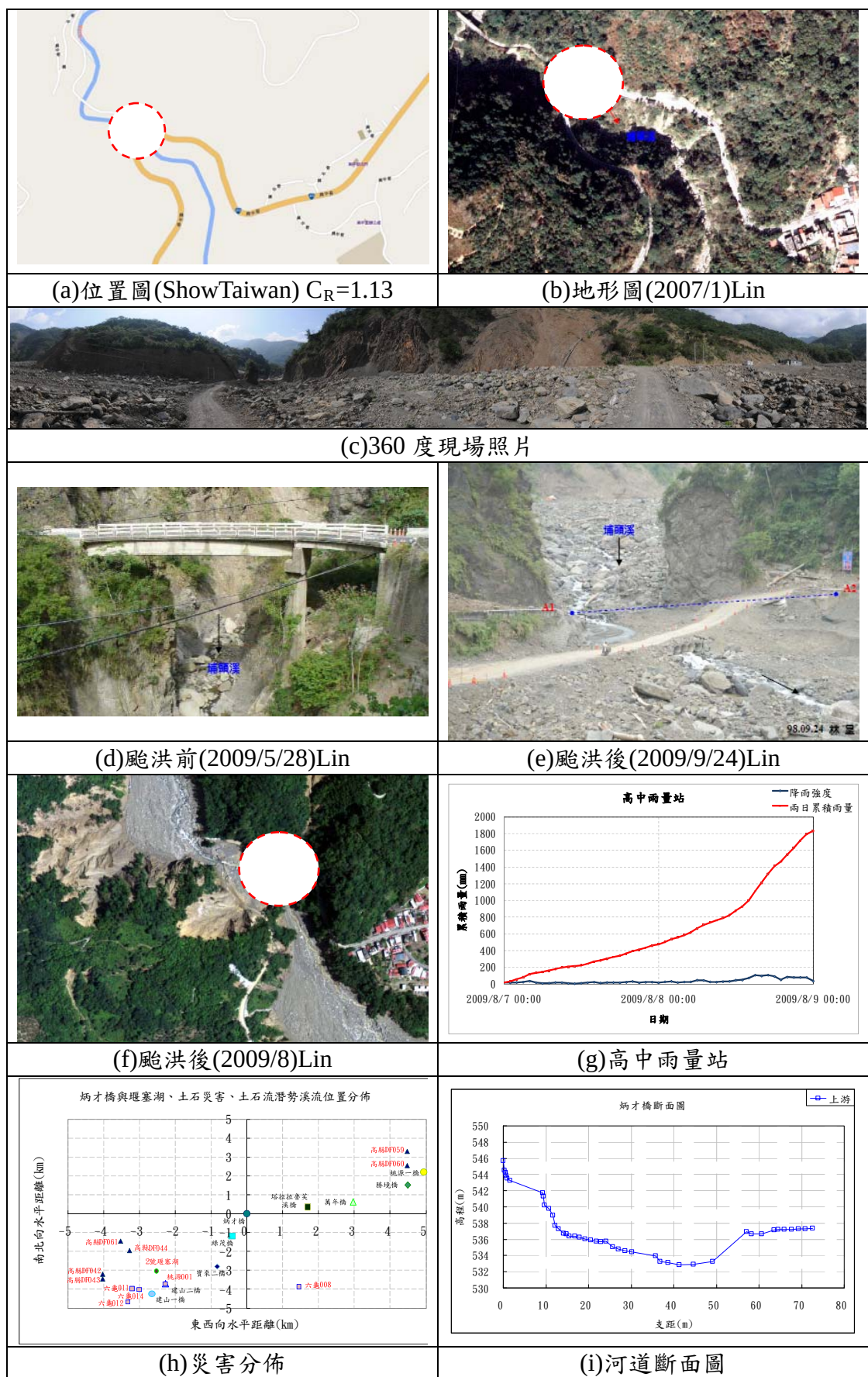


表 4.2.10 炳才橋相關資料表



## 十一、綠茂橋

綠茂橋相關資料如下表 4.2.11 所述，該橋位於高雄市桃源區，座落於台 20 線南橫公路沿線 83K+863M 處(a圖)，橋梁為兩跨 40.2 公尺，各跨長度均為 20.1 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 542 公尺(i圖)，該橋跨越綠茂溪，且位於路線彎道處(a圖)，鄰近的高中雨量站 48 小時累積雨量達 1,832mm(g圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有兩處高潛勢土石溪流，編號為高縣DF059 與高縣DF060，由(d)圖顯示橋下靜高為 12.7 公尺，由(d)與(i)圖顯示原本陡峭的河道邊坡於災後變得相當平緩，配合(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道全面淤積嚴重，研判橋梁損壞應與豪大雨導致河道邊坡土石崩塌，導致該橋受到大量土石撞擊損毀。

## 十二、寶來二橋

寶來二橋相關資料如下表 4.2.12 所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 20 線南橫公路沿線 80K+807M 處(a圖)，橋梁為六跨 220 公尺，各跨長度分別為 30 公尺、4 跨 40 公尺與 22 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 398 公尺，平均淤積高度約為 4.4 公尺，土方淤積量約為  $1,074\text{m}^3/\text{m}$ (i圖)，該橋跨越荖濃溪主流(a圖)，鄰近的高中雨量站 48 小時累積雨量達 1,832mm(g圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有 2 號堰塞湖、兩處高潛勢土石溪流(編號為高縣DF044 與高縣DF051)及四處崩塌地(編號為六龜 008、011、012 與桃源 001)，由(d)圖顯示橋下靜高為 17.5 公尺，配合(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道全面淤積嚴重，研判橋梁損壞應與豪大雨導致上游河道邊坡土石崩塌，大量土石隨著河流被攜帶至此淤積，加上該橋位於河道蜿蜒處，其蜿蜒度數值達 1.47，再由(i)圖顯示左岸被嚴重刷深且嚴重沖刷河岸，導致左側橋台毀損。

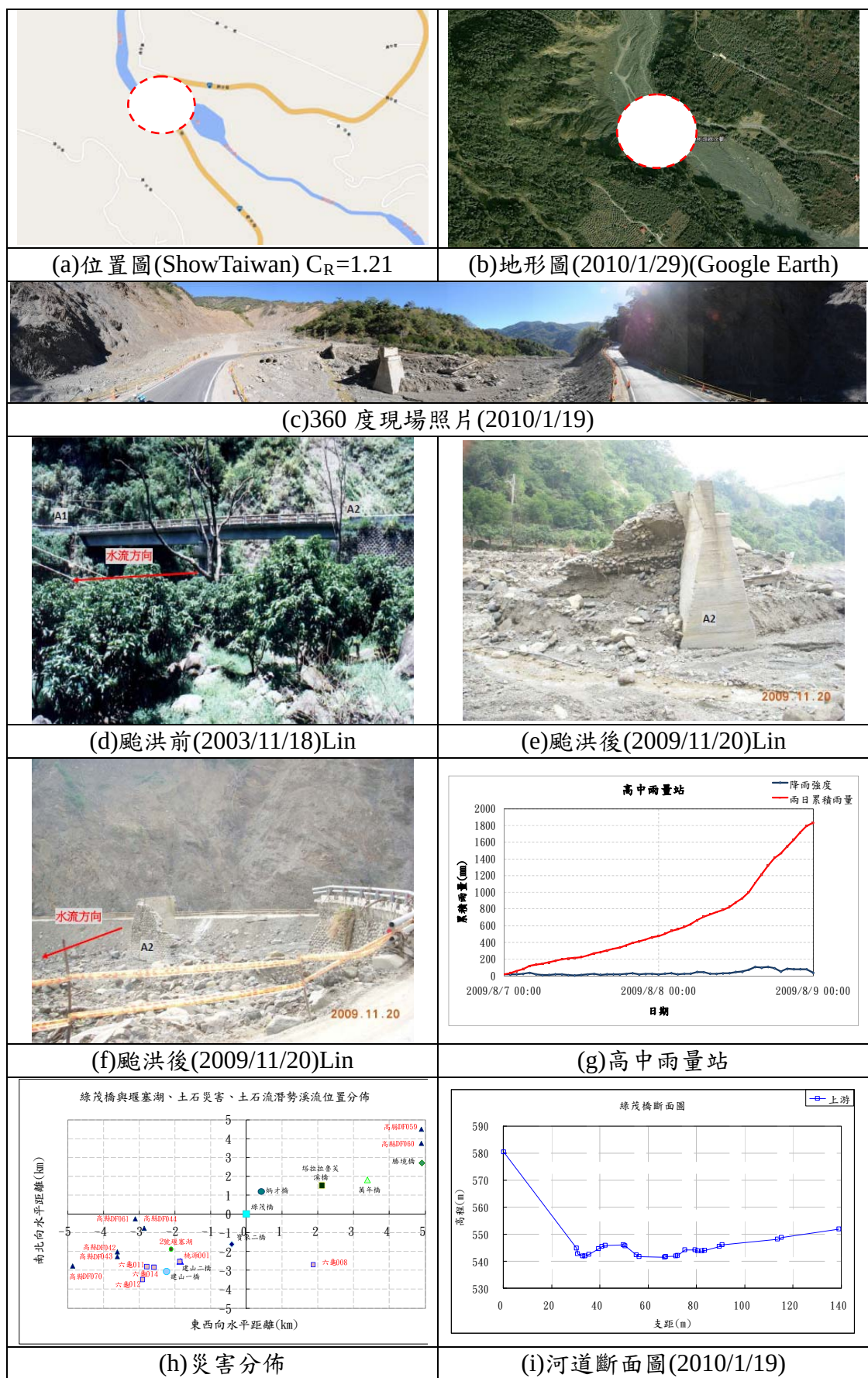


表 4.2.11 綠茂橋相關資料表

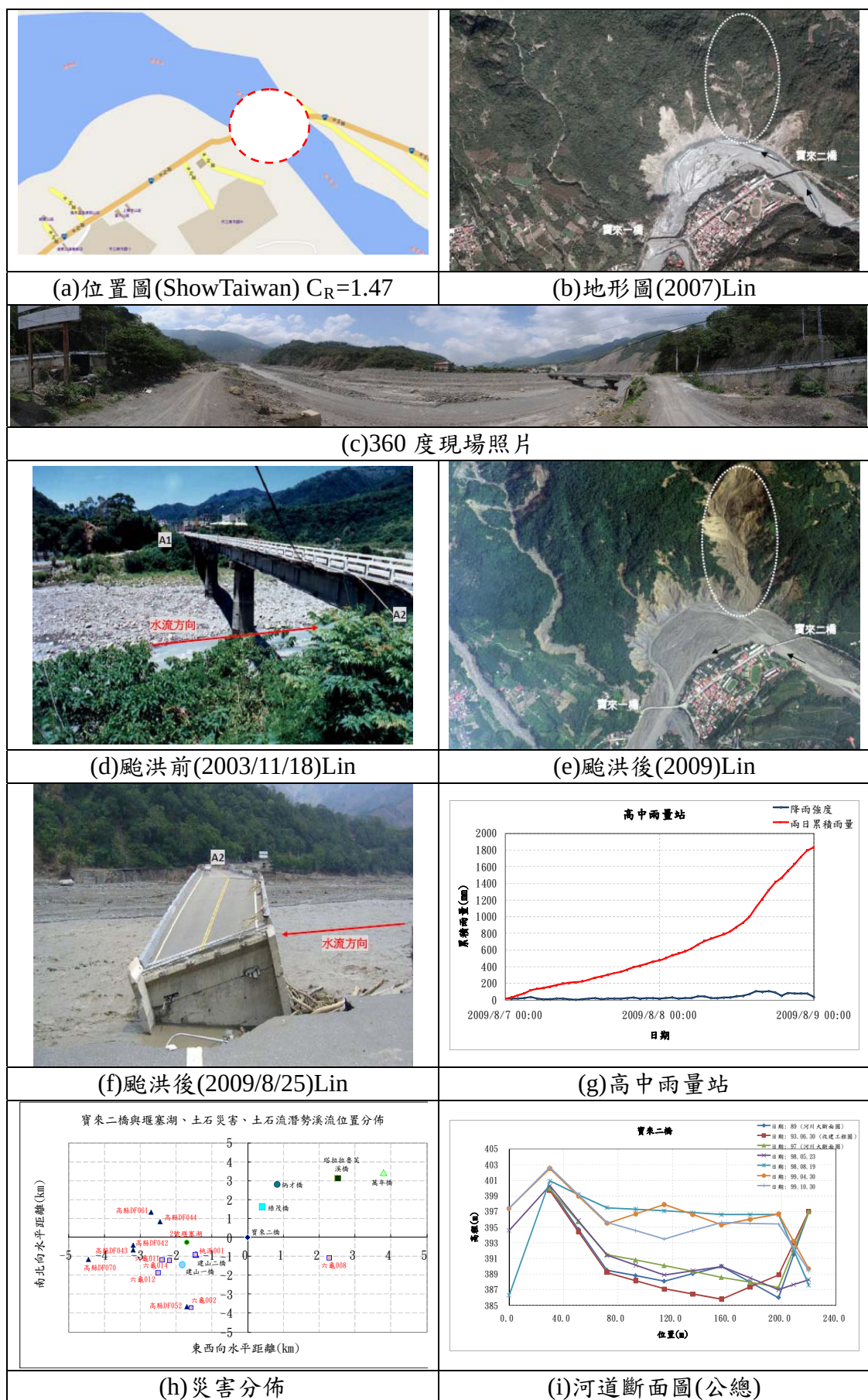


表 4.2.12 寶來二橋相關資料表



### 十三、建山二橋

建山二橋相關資料如下表 4.2.13所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 20 線南橫公路沿線 78K+987M處(a圖)，橋梁為單跨 35 公尺，橋面寬度為 9.2 公尺，其所在位置河道高程為 440 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有 2 號堰塞湖、多處的土石流潛勢溪流和多處的土石災害，其中以高潛勢土石溪流編號高縣DF061 對該橋影響最直接(g圖)，(d)圖顯示橋下靜高為 11.7 公尺，配合(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道全面淤積嚴重，研判橋梁損壞應野溪源頭處大範圍的土石崩塌後，受到豪大雨的作用，形成土石流沿野溪往下游流動，大量的土石淤塞於河道較狹窄處進而形成堰塞湖，而堰塞湖於潰決後，大量的土石洪水隨著溪河道而下，而該橋剛好位於河道較蜿蜒處，且其蜿蜒度達 1.47，加上通洪面積不足，導致河道被大幅拓寬，土石流直接沖擊該橋並淤積掩埋而損毀該橋。

### 十四、建山一橋

建山一橋相關資料如下表 4.2.14所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 20 線南橫公路沿線 78K+030M處(a圖)，橋梁為單跨 42 公尺，橋面寬度為 9.2 公尺，其所在位置河道高程為 451 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有 2 號堰塞湖潰決、多處的土石流潛勢溪流和多處的土石災害，其中以高潛勢土石溪流編號高縣DF070 及桃源 001 的土石災害對該橋影響最直接(g圖)，(d)圖顯示橋下靜高為 15.2 公尺，配合I、(e)與(f)圖顯示災後河道全面淤積嚴重，研判橋梁損壞應與豪大雨導致上游河道邊坡土石崩塌，形成土石流溪，大量土石隨著溪流被攜帶至此淤積，加上該橋位於河道蜿蜒處，其蜿蜒度數值達 1.43，導致土石大量淤積掩埋並破壞該橋。





表 4.2.13 建山二橋相關資料表

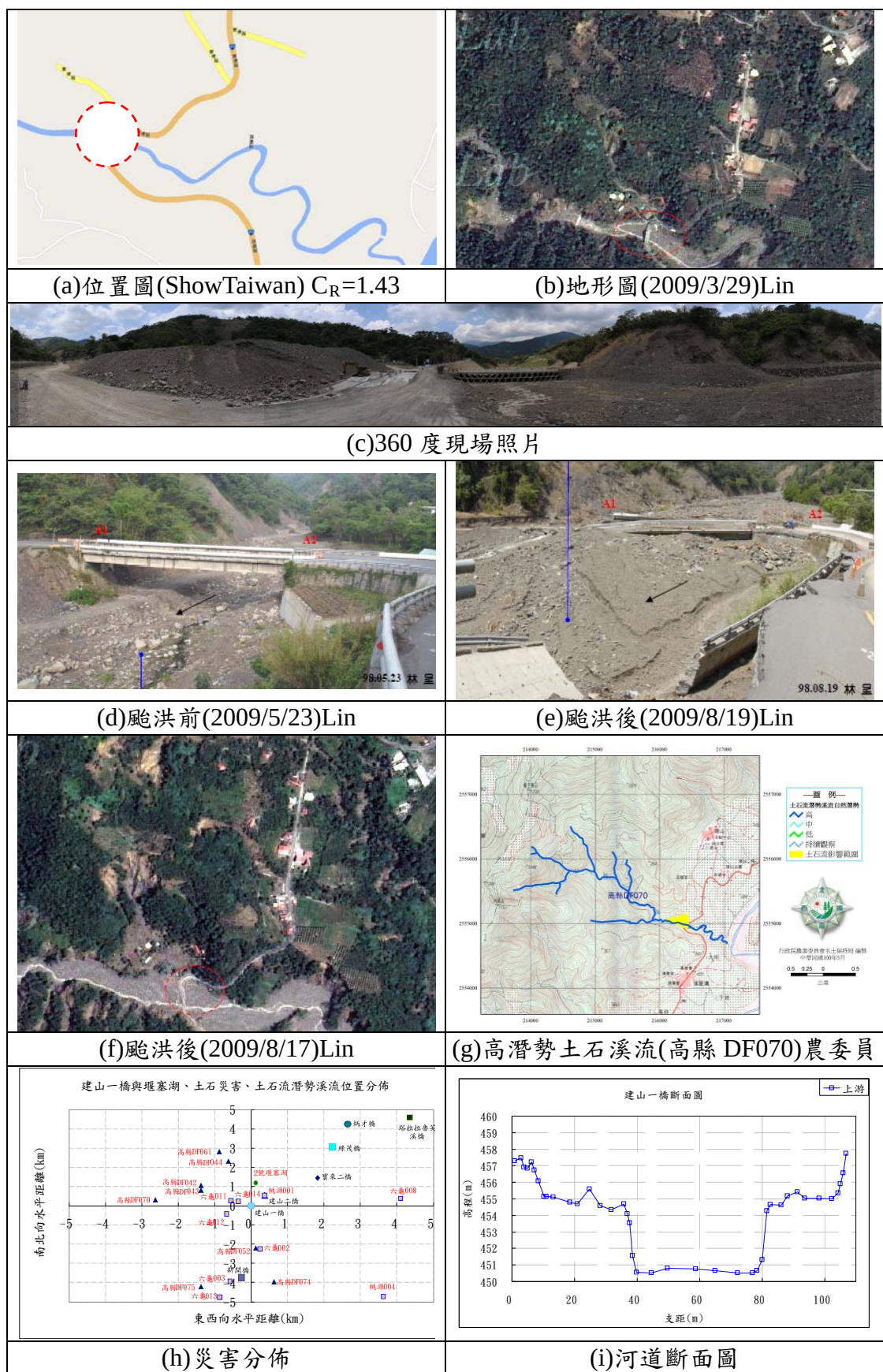


表 4.2.14 建山一橋相關資料表



## 十五、新開橋

新開橋相關資料如下表 4.2.15所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於高 133 線 6K+700M處(a圖)，橋梁為單跨 13.1 公尺，橋面寬度為 11 公尺，其所在位置河道高程為 378 公尺(b圖)，該橋跨越不老溪(a圖)。由(e)圖觀察可知該橋附近有多處的土石流潛勢溪流與土石災害，其中以編號為高縣DF074 的高潛勢土石溪流影響最直接(f圖)，而附近的野溪(高縣DF052)集水區上游坡地，多處發生大規模崩塌，崩塌後的土石混合雨水形成土石流，直衝而下，沖毀高 133 線鄉道，且鄰近的青山溫泉渡假村盡遭土石淤埋，堆積的土石最深達 5 公尺高，總堆積土方量達 80 萬立方公尺以上；配合(c)與(d)圖顯示災後河道大幅拓寬且全面淤積嚴重，研判橋梁損壞應與豪大雨導致上游河道邊坡土石崩塌，大量土石隨著溪流被攜帶至此衝擊淤積，導致該橋毀損。

## 十六、新寶橋

新寶橋相關資料如下表 4.2.16所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於高 133 線 9K+400M處(a圖)，橋梁為單跨 40 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 341 公尺(b圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)。由(g)圖觀察可知該橋附近有多處土石流潛勢溪流與土石災害，其中以編號為高縣DF076 的高潛勢土石溪流對該橋影響最直接(f圖)。配合(c)與(d)圖顯示災後河道大幅拓寬且全面淤積嚴重，研判橋梁損壞應與豪大雨導致上游河道邊坡土石崩塌，大量土石隨著溪流被攜帶至此衝擊淤積，導致該橋毀損。

## 十七、新發大橋

新發大橋相關資料如下表 4.2.17所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 27 線 3K+480M處，橋梁為 6 跨 228 公尺，各跨均為 38 公尺，橋面寬度為 9 公尺，跨越荖濃溪主流(a圖)。其所在位置河道高程為 304 公尺，莫拉克颱風過後河道平均淤積高度約為 6.8 公尺，土方淤積量約為 1,047  $\text{m}^3/\text{m}$ (i圖)。由鄰近的新發雨量站顯示 48 小時累積雨量達 1,520 mm，而最大時雨量發生在 8 月 8 日 17:00 的 103 mm/hr(f

圖)；由(h)圖觀察可知該橋上游處有多處土石流潛勢溪流與土石災害，其中以編號為高縣DF076的高潛勢土石溪流對該橋影響最直接(g圖)。(d)圖顯示橋下靜高為 19 公尺，配合(c)與(e)圖顯示災後河道大幅拓寬且全面淤積嚴重，且其河道蜿蜒度數值達 1.28，研判橋梁損壞應與上游處豪大雨導致邊坡土石崩塌，大量土石隨著荖濃溪被攜帶至此衝擊橋梁，導致該橋梁毀損，且因此處河道較寬，故土石大部分被淤積在此。

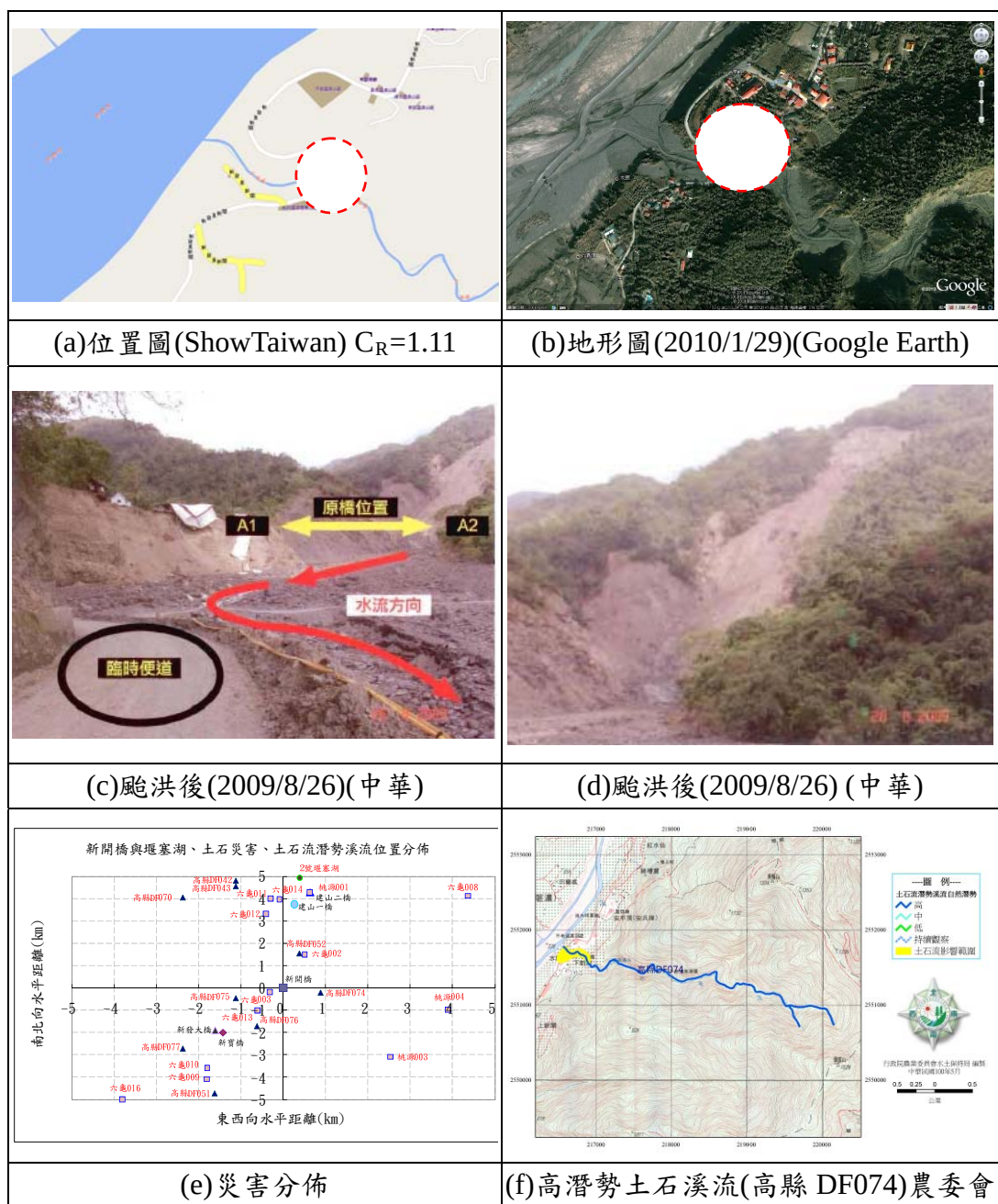


表 4.2.15 新開橋相關資料表

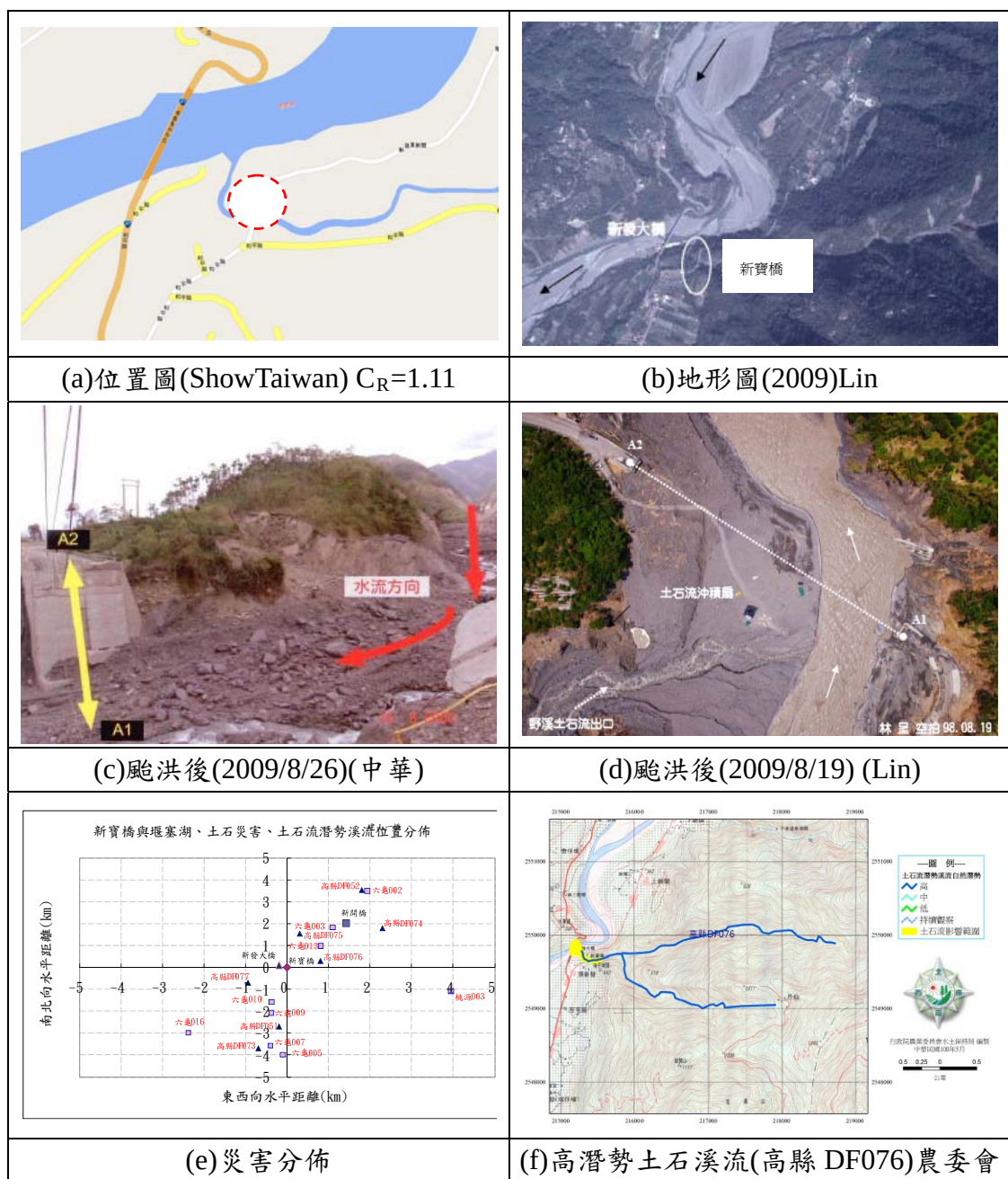


表 4.2.16 新寶橋相關資料表



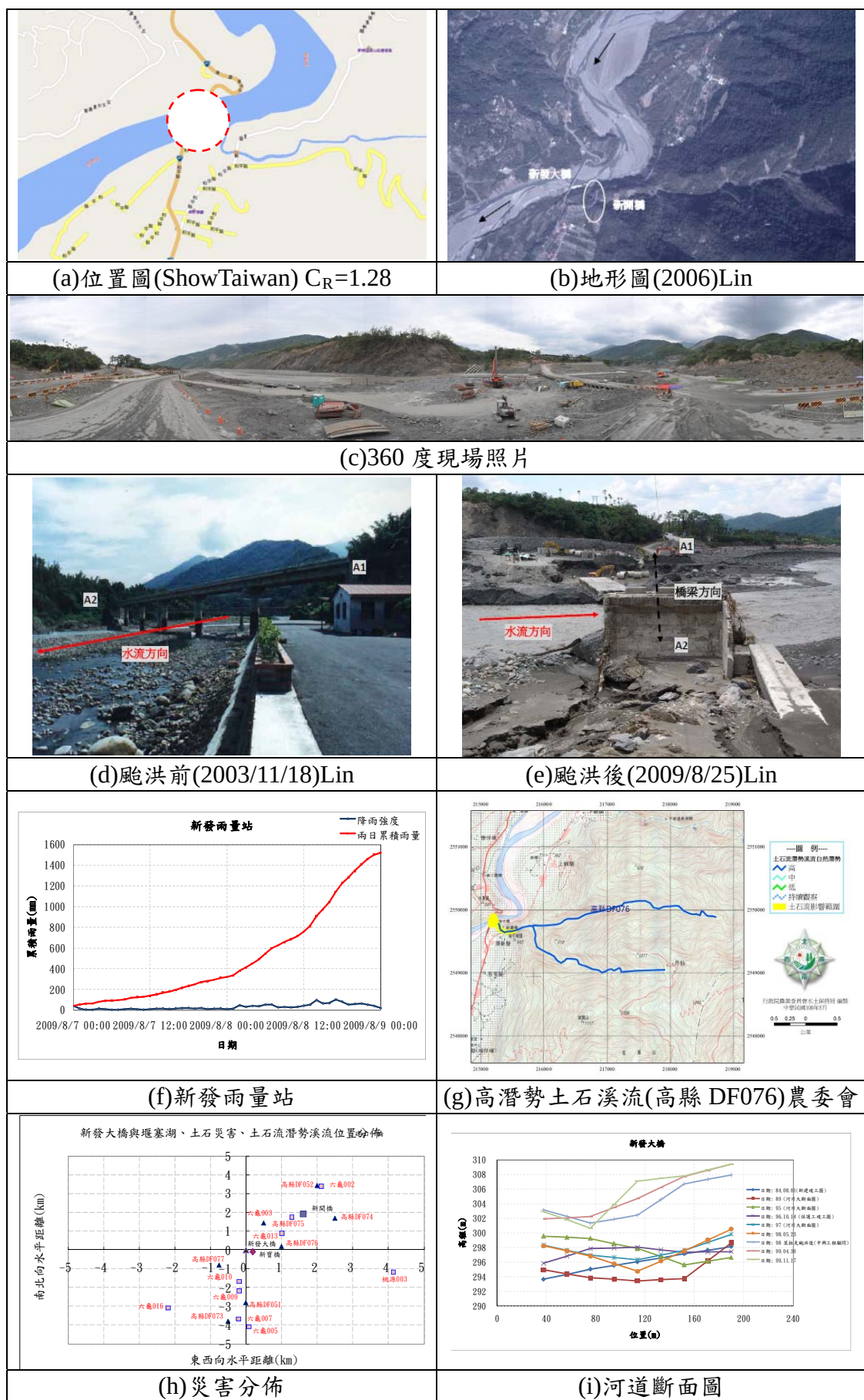


表 4.2.17 新發大橋相關資料表



### 4.3 荖濃溪高程一百公尺至三百公尺間損壞的橋梁

荖濃溪在高程 100 公尺至 300 公尺之間共有 5 座橋梁損壞，分別為六龜大橋、三合橋、六龜四號橋、六龜三號橋與六津橋等 5 座橋梁。各橋梁相關地理位置、災前災後狀況、環境因子分布位置與斷面資料敘述如下：

#### 一、六龜大橋

六龜大橋相關資料如下表 4.3.1 所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 27 甲線 1K+420M 處，橋梁為八跨 308 公尺，各跨均為 38.5 公尺，橋面寬度為 12 公尺，該橋跨越荖濃溪主流(a圖)。其所在位置河道高程約為 227 公尺，莫拉克颱風過後，河道斷面呈現受沖刷之情形，平均沖刷深度約為 1.4 公尺，土方減少量約為  $477\text{m}^3/\text{m}$ (i圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有多處的土石流潛勢溪流與土石災害，其中以編號為高縣DF071 的高潛勢土石溪流對該橋影響最直接。(d)圖顯示橋下靜高約為 8 公尺，配合(c)、(e)、(f)與(g)圖顯示災後河道淤積嚴重，且其河道蜿蜒度數值達 1.39，研判橋梁損壞應與上游處邊坡土石崩塌，大量土石與漂流木隨著荖濃溪被攜帶至此衝擊橋梁，且因此處河道較寬，故此處沖淤互現，然而於A2 橋台側明顯受到刷深，導致該橋A2 橋臺該側部分橋跨毀損。

#### 二、三合橋

三和橋相關資料如下表 4.3.2 所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 27 線 15K+833M 處(a圖)，橋梁為單跨 39 公尺，橋面寬度為 4.7 公尺，其所在位置河道高程 236 公尺(i圖)，該橋跨越扇平溪(a圖)，相當鄰近於荖濃溪主流。鄰近的新豐雨量站 48 小時累積雨量達 1,229mm，由(h)圖觀察可知該橋上游處有編號為高縣DF049 與高縣DF050 的低潛勢土石溪流與編號六龜 004 與六龜 015 的土石災害，(d)圖顯示橋下靜高為 10 公尺，配合(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積，研判橋梁損壞應與上游處邊坡土石崩塌，大量土石隨著溪流被攜帶至此衝擊橋梁，加上該橋通洪面積不足，導致該橋被土石衝擊斷裂。



表 4.3.1 六龜大橋相關資料表



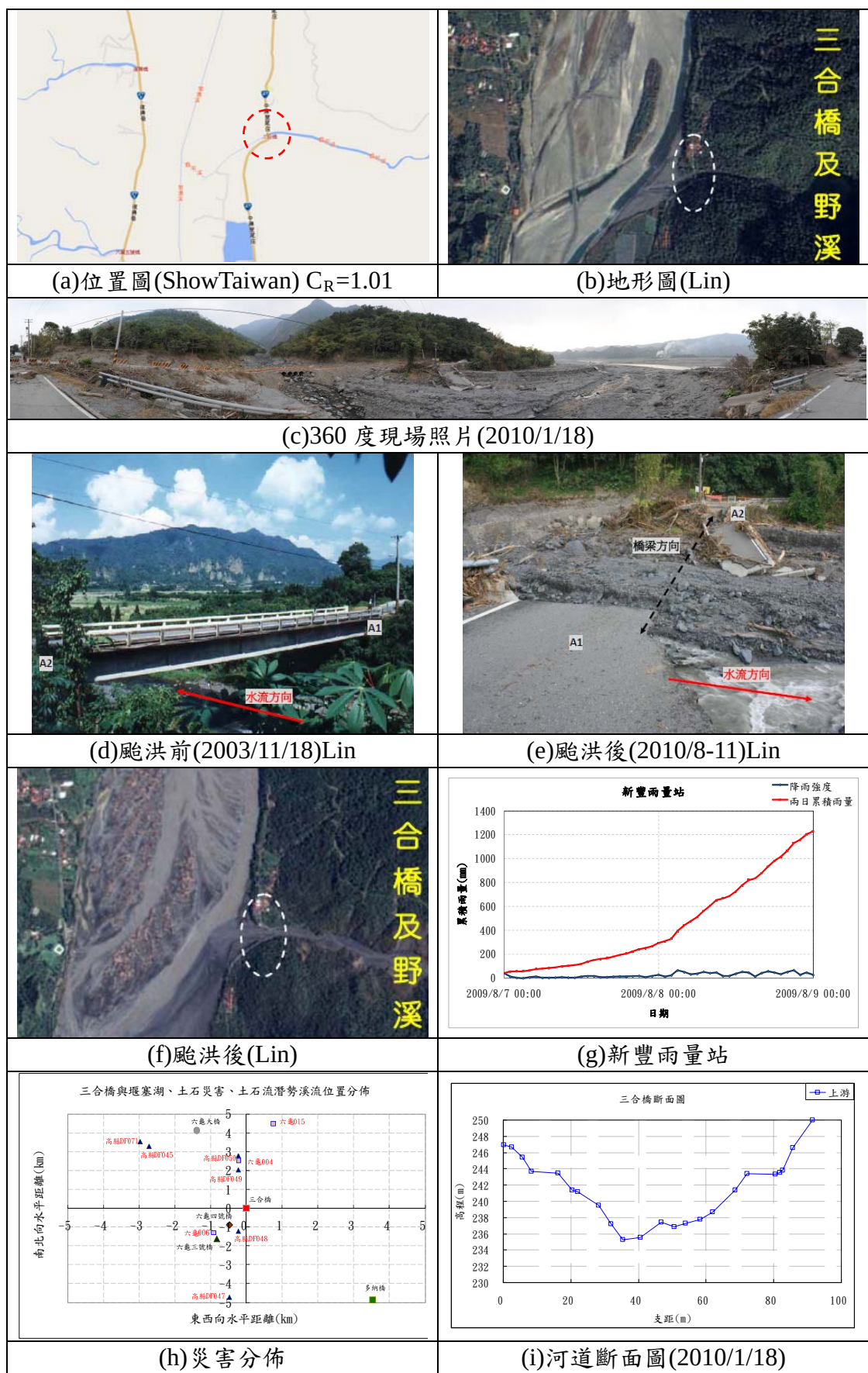


表 4.3.2 三合橋相關資料表

## 二、 六龜四號橋

六龜四號橋相關資料如下表 4.3.3 所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 27 甲線 7K+314M 處(a圖)，橋梁為單跨 16 公尺，橋面寬度為 7.5 公尺，其所在位置河道高程 193 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)，緊鄰於荖濃溪主流。鄰近的新豐雨量站 48 小時累積雨量達 1,229mm，由(h)圖觀察可知該橋附近有 3 處土石流潛勢溪流與 2 處土石災害，(d)圖顯示橋下靜高為 6 公尺，配合(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積，且洪水衝擊該橋沿岸坡腳導致該橋被土石衝擊破壞。

## 三、 六龜三號橋

六龜三號橋相關資料如下表 4.3.4 所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 27 甲線 8K+070M 處(a圖)，橋梁為單跨 15 公尺，橋面寬度為 7.5 公尺，其所在位置河道高程 186 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)，緊鄰於荖濃溪主流。鄰近的新豐雨量站 48 小時累積雨量達 1,229mm，由(h)圖觀察可知該橋附近有 3 處土石流潛勢溪流與 2 處土石災害，(d)圖顯示橋下靜高為 6 公尺，配合(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積，且洪水衝擊該橋沿岸坡腳導致該橋兩側道路被土石衝擊破壞。

## 五、六津橋

六津橋相關資料如下表 4.3.5 所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於台 27 線 21K+035M 處(a圖)，橋梁為單跨 7.6 公尺，橋面寬度為 4.6 公尺，其所在位置河道高程 188 公尺(i圖)，該橋跨越荖濃溪支流(a圖)，緊鄰於荖濃溪主流。由(h)圖觀察可知該橋附近有對其影響最為直接的高縣 DF047 高潛勢土石溪流與其餘土石流潛勢溪流和土石災害，(d)圖顯示橋下靜高為 2 公尺，配合(c)、(e)、(f)與(g)圖顯示災後大量土石淤積，研判應為土石流衝擊導致該橋毀損。

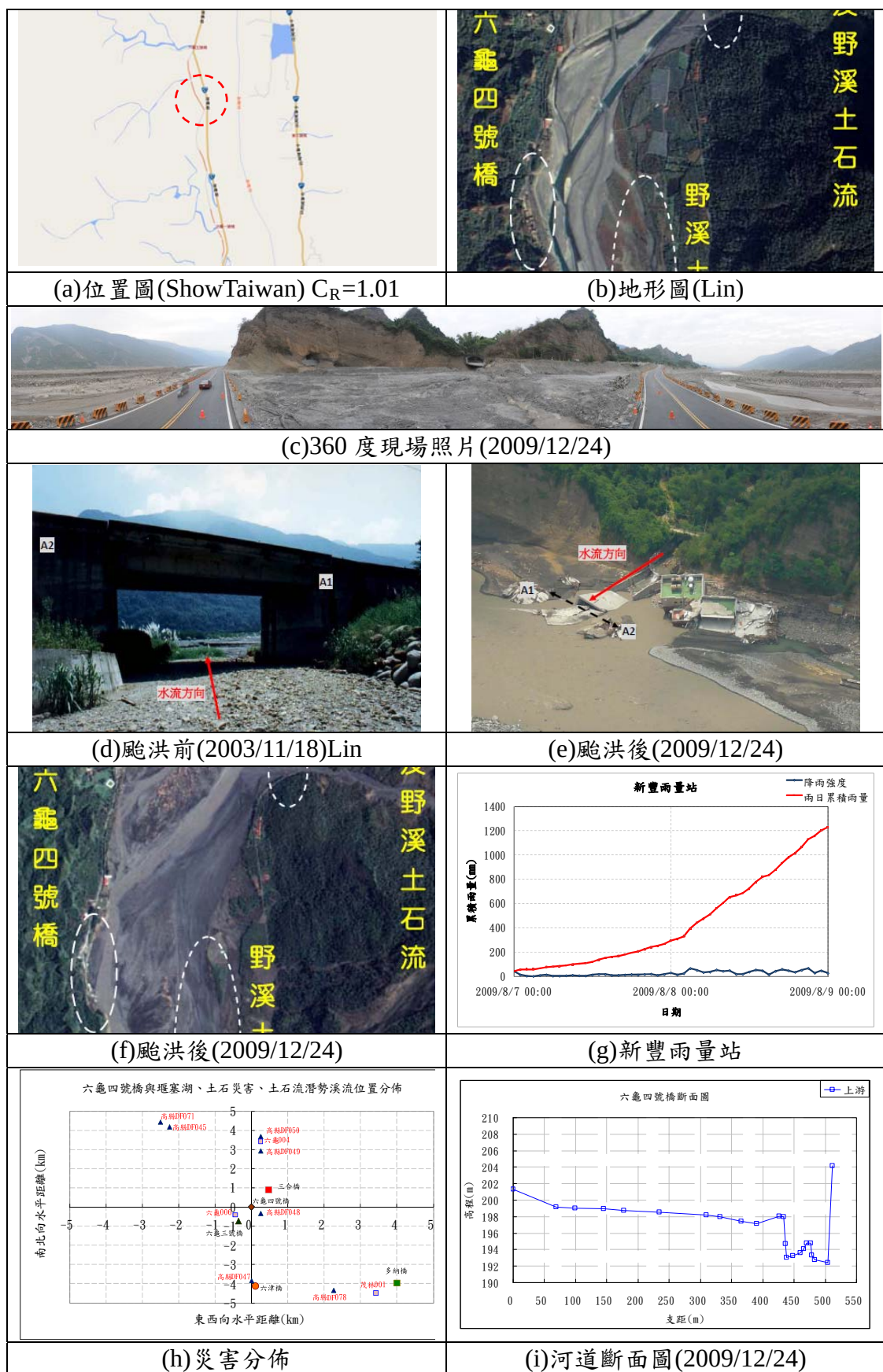


表 4.3.3 六龜四號橋相關資料表



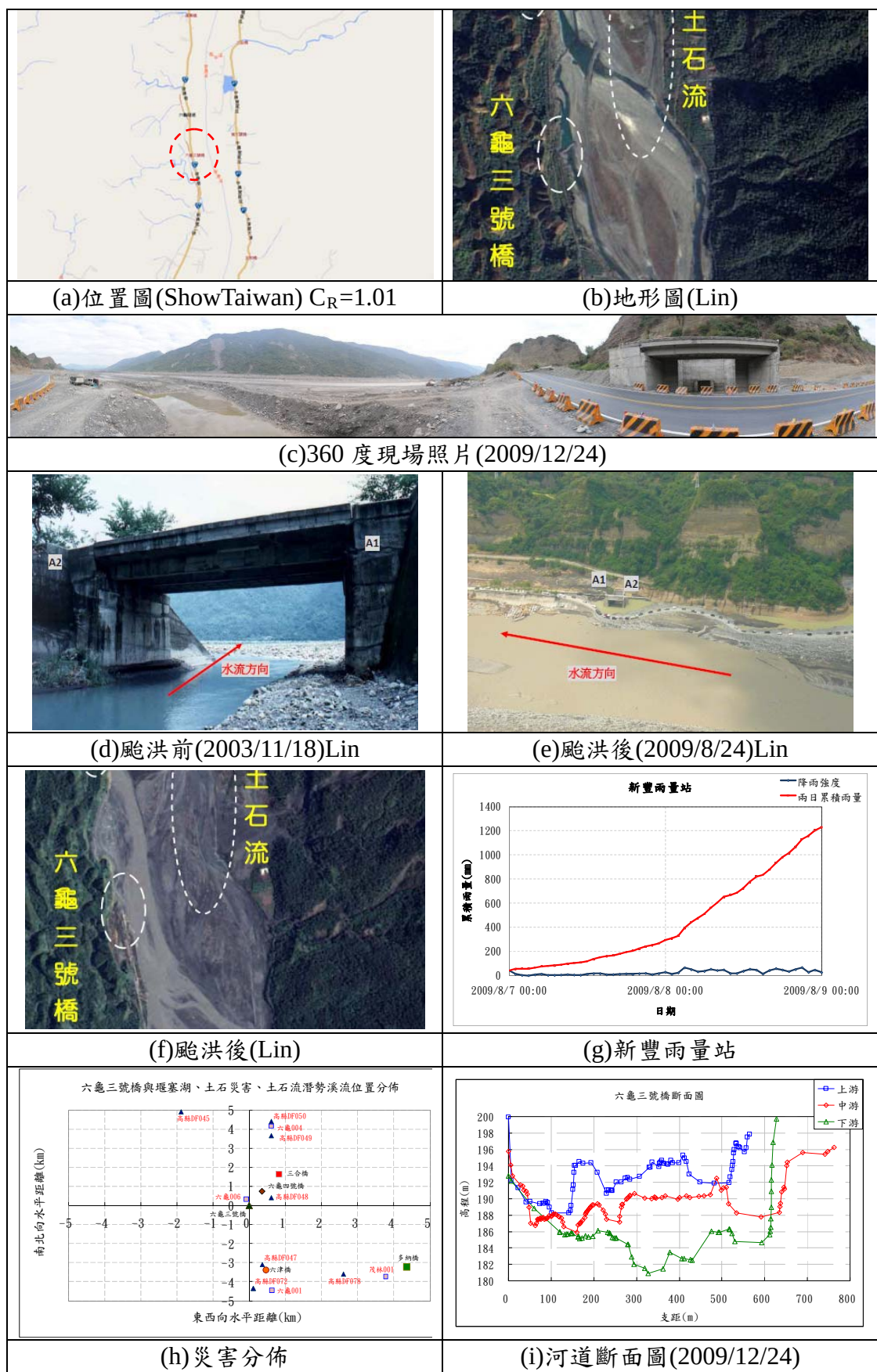


表 4.3.4 六龜三號橋相關資料表



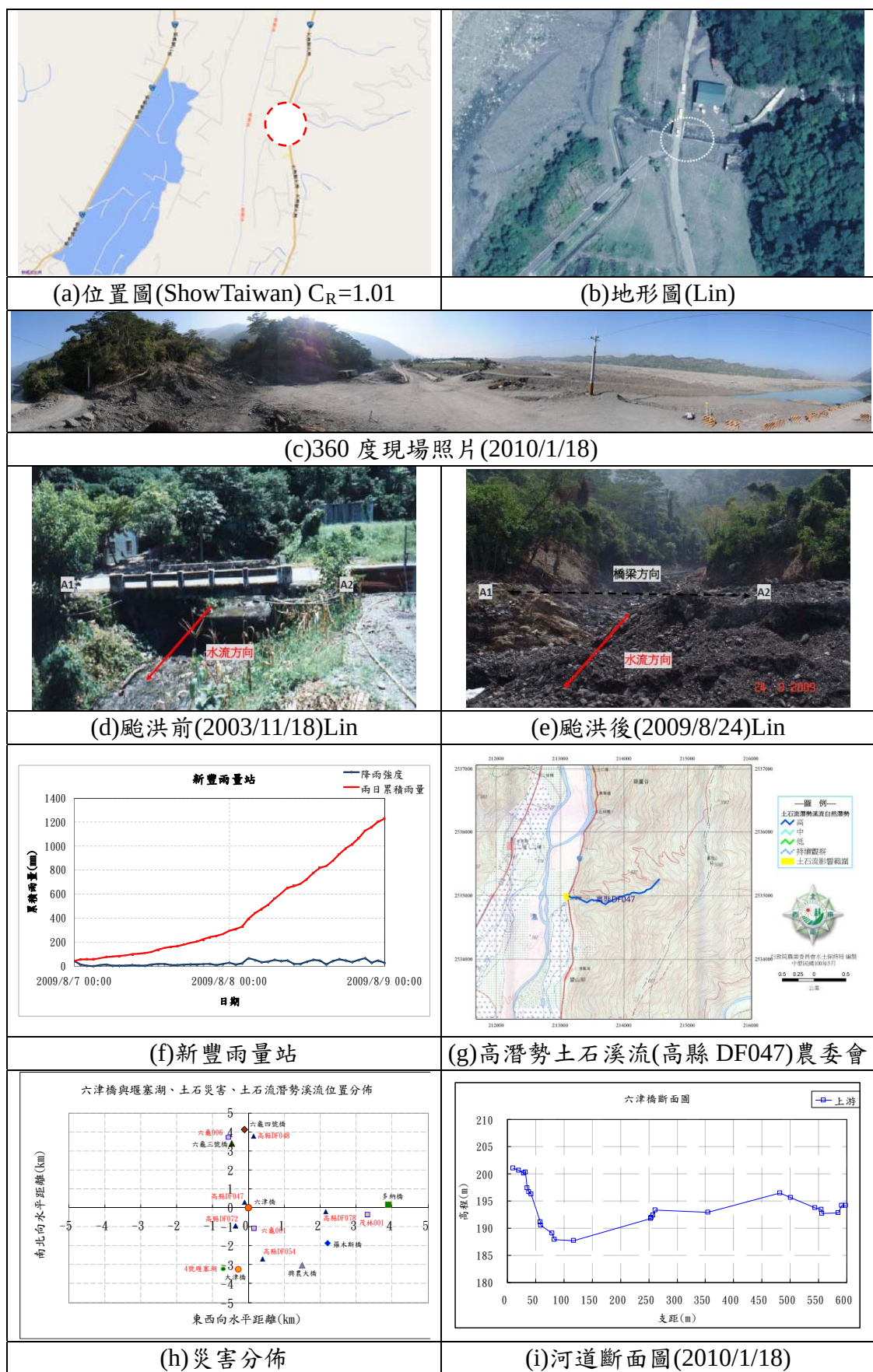


表 4.3.5 六津橋相關資料表

#### 4.4 旗山溪高程三百公尺至七百公尺間損壞的橋梁

旗山溪在高程 300 公尺至 700 公尺之間共有 15 座橋梁損壞，分別為達卡努娃橋、民生大橋、自強橋、月兒橋、民族橋、公園橋、第十五號橋、第十四號橋、第十二號橋、第十一號橋、民治橋、慈林橋、第十號橋、第九號橋與第八號橋等 15 座橋梁。各橋梁相關地理位置、災前災後狀況、環境因子分布位置與斷面資料敘述如下：

##### 一、達卡努娃橋

達卡努娃橋相關資料如表 4.4.1 所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 204K+094M 處(a圖)，橋梁為單跨 20 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 650 公尺(i圖)，該橋跨越達卡努娃溪，且鄰近於旗山溪主流(a圖)。由(f)圖觀察可知該橋附近多處的土石流潛勢溪流，其中以編號為高縣DF080 的高潛勢土石溪流對該橋影響最直接(g圖)，由此研判此橋破壞應與土石流潛勢溪流有關，配合(d)圖可知該橋橋底淨高 10 公尺，由(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積相當嚴重，研判應為上游邊坡崩塌後，加上豪大雨形成土石流，導致大量的土石隨著河流撞擊該橋梁，導致該橋流失毀損與河道全面淤積。

##### 二、民生大橋

民生大橋相關資料如下表 4.4.2 所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 205K+127M 處(a圖)，橋梁為 2 跨 60 公尺，各跨均為 30 公尺，橋面寬度為 5 公尺，其所在位置河道高程為 598 公尺(i圖)，該橋跨越達旗山溪主流(a圖)。由鄰近的民生雨量站可知其兩日累積雨量達 1,235.5 mm，最大時雨量發生在 8 月 8 日 21:00 的 95.5 mm(f圖)；由(h)圖觀察可知該橋附近有多處的土石流潛勢溪流，其中以編號為高縣DF081 的高潛勢土石溪流對該橋影響最直接(g圖)，由此研判此橋破壞應與土石流潛勢溪流有關，(d)圖顯示該橋橋底淨高約 16 公尺，再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積相當嚴重，研判應為上游邊坡崩塌後，加

上豪大雨形成土石流，導致大量的土石隨著河流撞擊該橋梁，導致該橋流失與河道全面淤積。



表 4.4.1 達卡努娃橋相關資料表



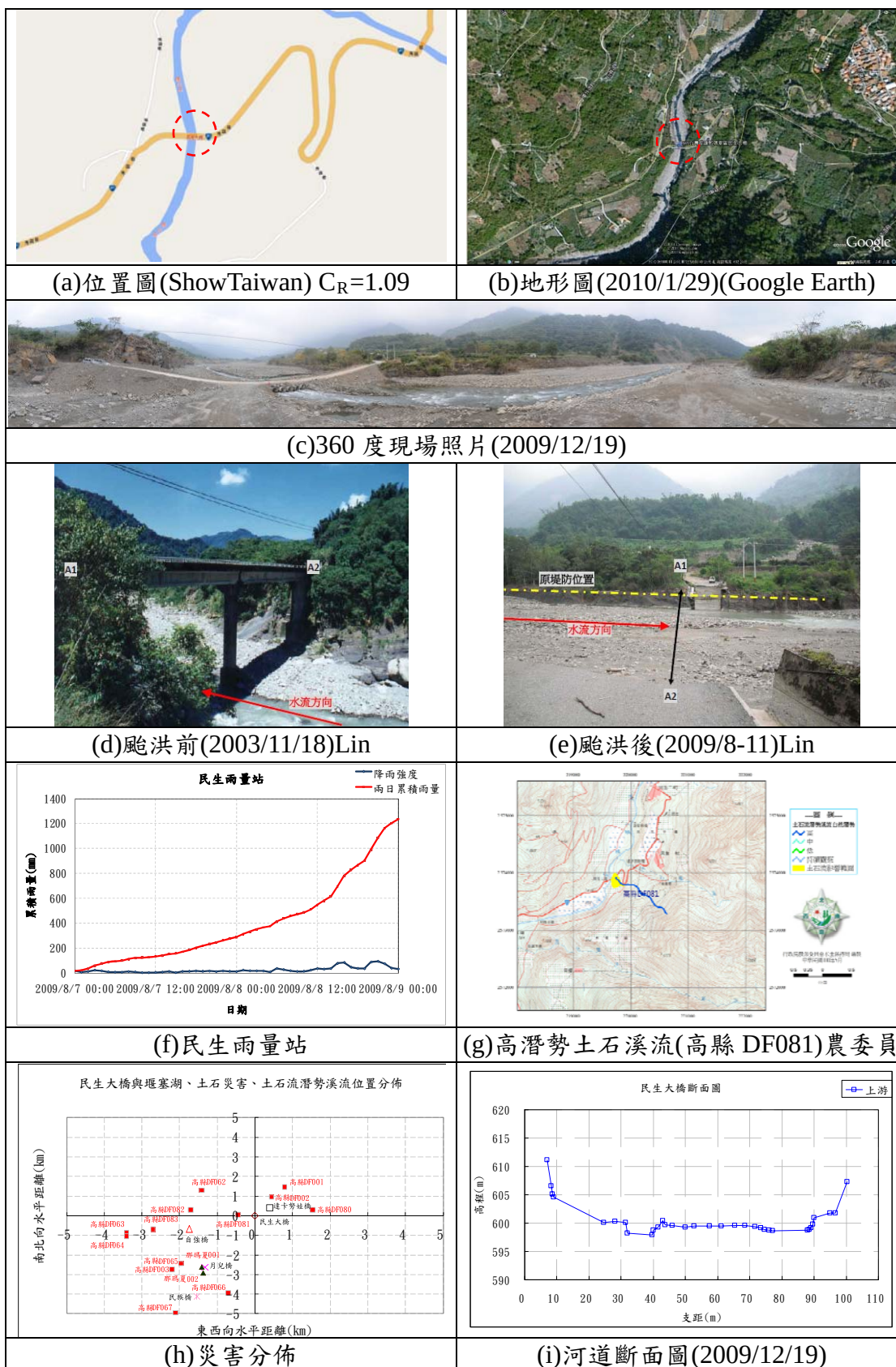


表 4.4.2 民生大橋相關資料表

## 二、 自強橋

自強橋相關資料如下表 4.4.3所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 206K+990M處(a圖)，橋梁為單跨 20 公尺，橋面寬度為 4.6 公尺，其所在位置河道高程為 611 公尺(i圖)，該橋跨越達旗山溪支流，且位於河道較蜿蜒處，其蜿蜒度達 1.48(a圖)。該橋鄰近的民生雨量站 48 小時累積雨量達 1,235.5 mm(f圖)，由(h)圖觀察可知該橋附近有多處土石流潛勢溪流與土石災害，由此研判此橋破壞應與土石潛勢溪流和土石災害有關，(d)圖顯示該橋橋底淨高約 7 公尺，再由(c)、(e)與(g)圖顯示災後河道淤積，研判應為上游豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流撞擊該橋梁，導致該橋流失毀損。

## 四、 月兒橋

月兒橋相關資料如下表 4.4.4所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 209K+400M處(a圖)，橋梁為單跨 12.5 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 576 公尺(i圖)，該橋跨越達旗山溪支流(a圖)。該橋鄰近的民生雨量站 48 小時累積雨量達 1,235.5mm(f圖)、民族雨量站 48 小時累積雨量達 1,462 mm(g圖)，顯示其鄰近與量均相當龐大；由(h)圖觀察可知該橋附近有多處土石流潛勢溪流與土石災害，由此研判此橋破壞應與土石流潛勢溪流和土石災害有關，其中以那瑪夏 001 與那瑪夏 002 的土石災害中野溪爆發之土石流影響最為直接，該野溪崩塌面積約為 0.9 公頃與 1.8 公頃；配合(d)圖可知該橋橋底淨高僅 4.5 公尺，通洪斷面不足。再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積，研判應為上游豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流掩埋該橋梁。



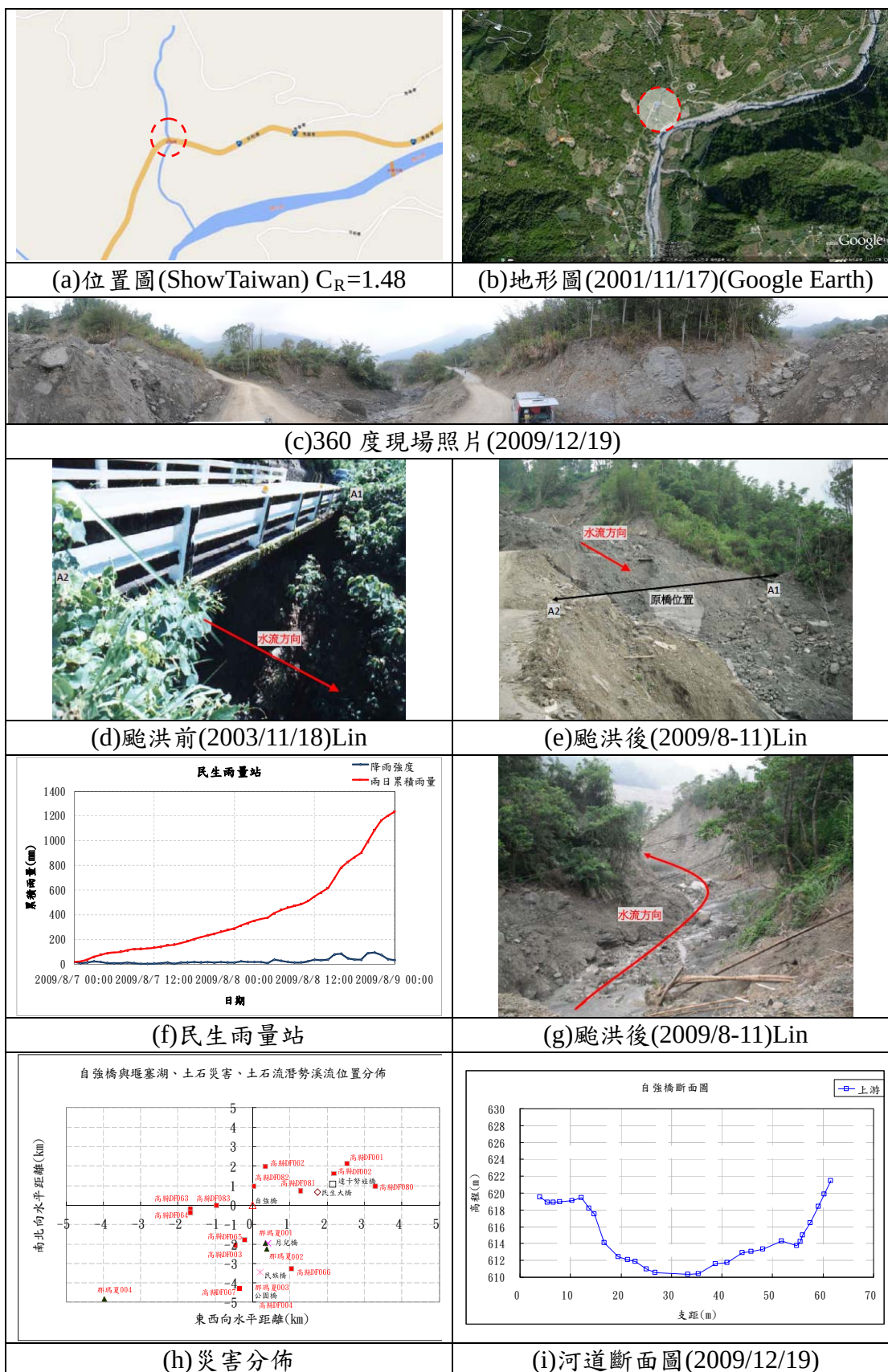


表 4.4.3 自強橋相關資料表

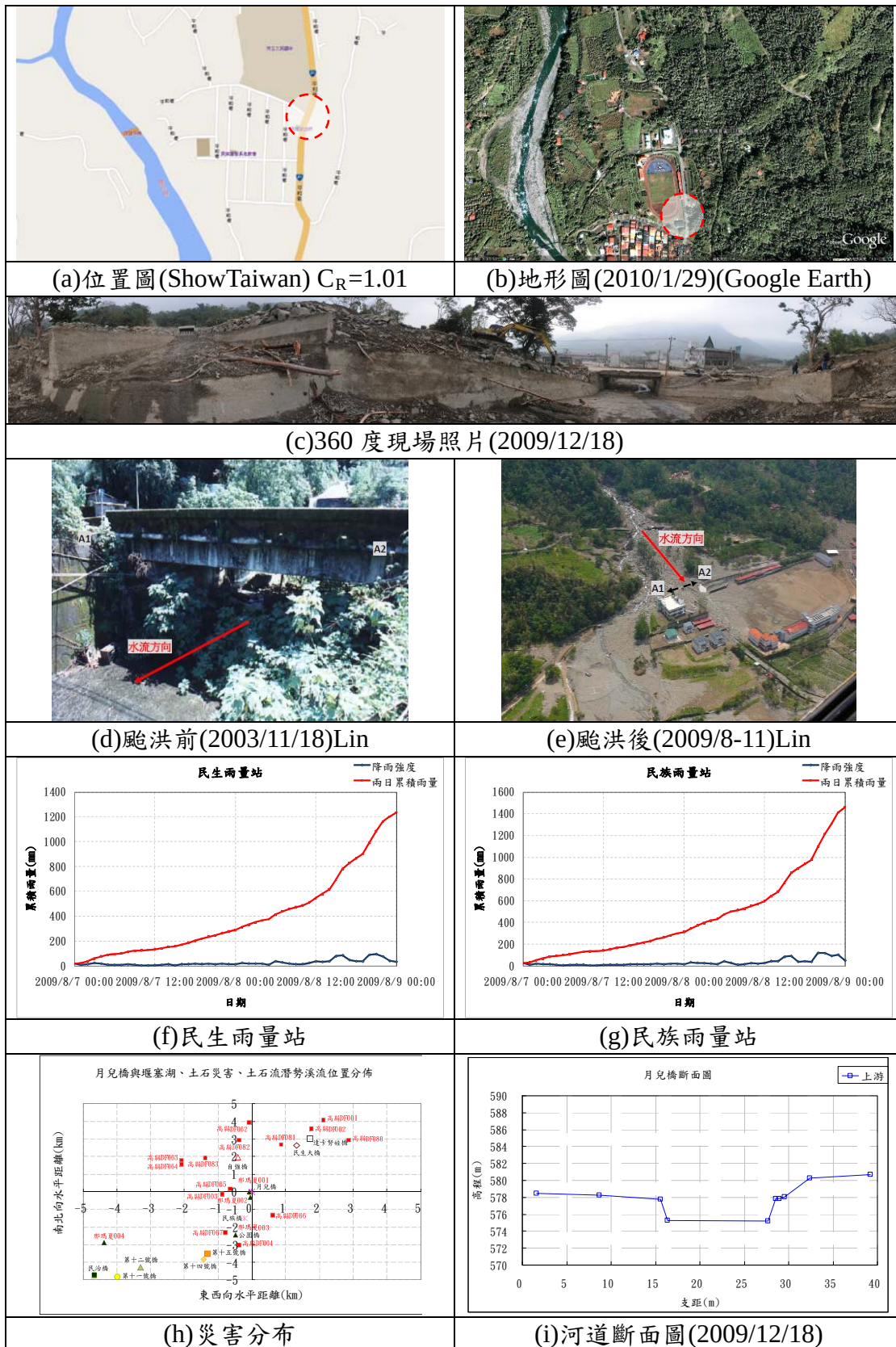


表 4.4.4 月兒橋相關資料表

## 五、民族橋

民族橋相關資料如下表 4.4.5所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 210K+980M處(a圖)，橋梁為單跨 30 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 561 公尺(i圖)，該橋跨越達那尼薩羅溪(a圖)。其鄰近的民族雨量站 48 小時累積雨量達 1,462mm(f圖)，由(h)圖觀察可知該橋附近有多處土石流潛勢溪流與土石災害，其中以編號為高縣DF066 的中潛勢土石溪流對該橋影響最為直接，(d)圖顯示該橋橋底淨高約 7.5 公尺。再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為上游豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流衝擊該橋梁，導致該橋毀損。

## 六、公園橋

公園橋相關資料如下表 4.4.6所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 212K+677M處(a圖)，橋梁為單跨 10 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 550 公尺(g圖)，該橋跨越達都蘭那溪(a圖)。其鄰近的民族雨量站 48 小時累積雨量達 1,462 mm(f圖)，由(h)圖觀察可知該橋附近有多處土石流潛勢溪流與土石災害，其中以編號為高縣DF004 的高潛勢土石溪流對該橋影響最為直接，配合(d)圖顯示該橋橋底淨高僅 5 公尺，通洪面積嚴重不足。再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為上游豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流衝擊該橋梁，導致該橋毀損。



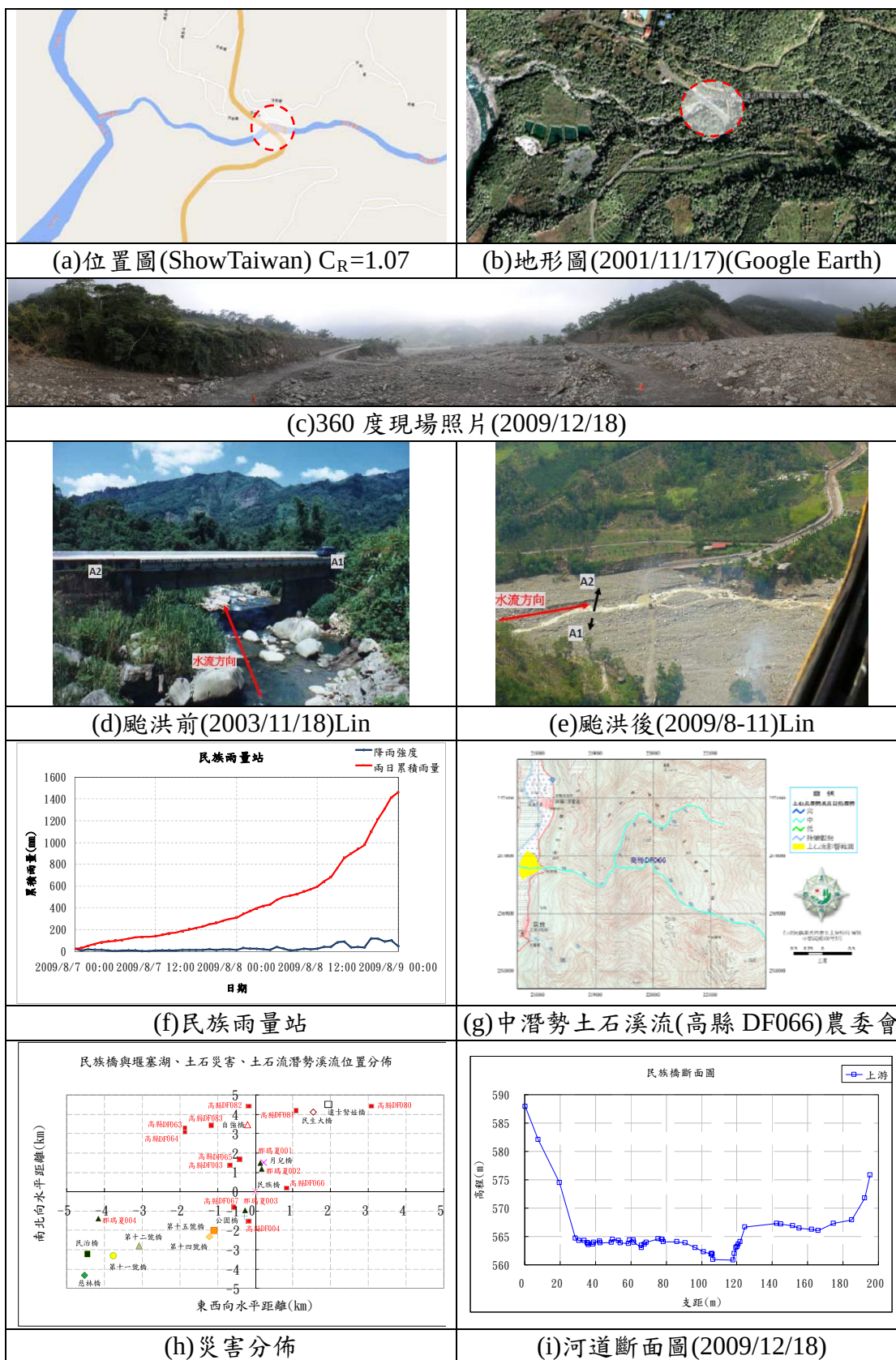


表 4.4.5 民族橋相關資料表

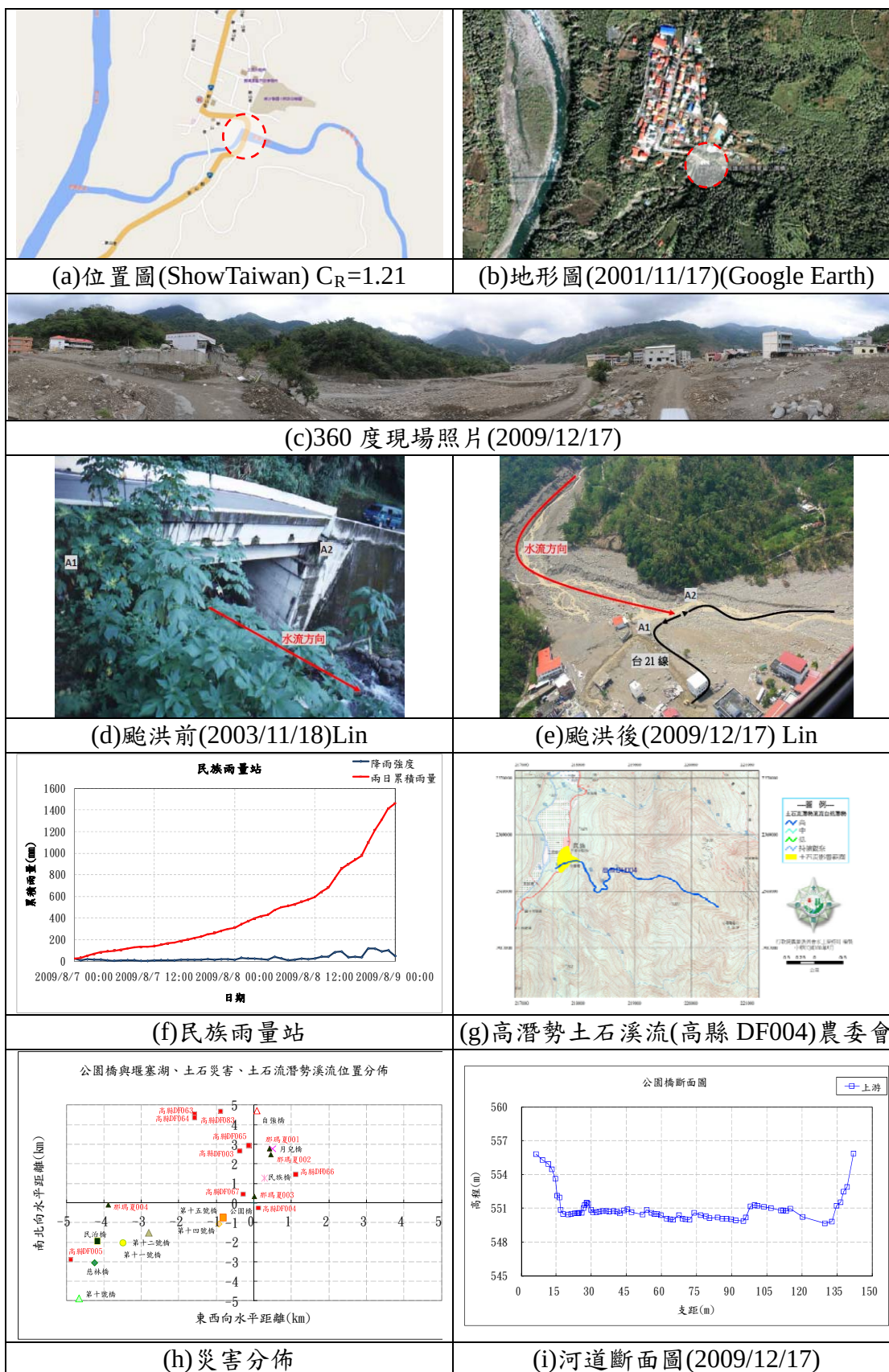


表 4.4.6 公園橋相關資料表

## 七、第十五號橋

第十五號橋相關資料如下表 4.4.7所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 213K+970M處(a圖)，橋梁為單跨 31 公尺，橋面寬度為 7.5 公尺，其所在位置河道高程為 494 公尺(g圖)，該橋跨越達那都魯薩溪，緊鄰於旗山溪主流(a圖)。其鄰近的民族雨量站 48 小時累積雨量達 1,462mm(g圖)，由(h)圖觀察可知該橋附近有多處土石流潛勢溪流，由此研判此橋破壞應與土石潛勢溪流有關，配合(d)圖可知該橋橋底淨高約 10 公尺。再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為上游豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁，導致該橋毀損。

## 八、第十四號橋

第十四號橋相關資料如下表 4.4.8所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 214K+150M處(a圖)，橋梁為三跨 90 公尺，各跨為 30 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 499 公尺(h圖)，鄰近的民族雨量站 48 小時累積雨量達 1,462mm(f圖)，且於莫拉克颱風過後，河道斷面平均淤積高度約為 13.2 公尺，土方淤積量約為  $1,207\text{m}^3/\text{m}$ 。該橋跨越旗山溪主流，且位於河道蜿蜒處，其蜿蜒度達 1.36(a圖)。由(g)圖顯示該橋上游處有 6 處的土石流潛勢溪流與 3 處的土石災害，由此研判此橋破壞應與此兩者有關，配合(d)圖可知該橋橋底淨高約為 14 公尺。再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為上游豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁，導致該橋毀損。



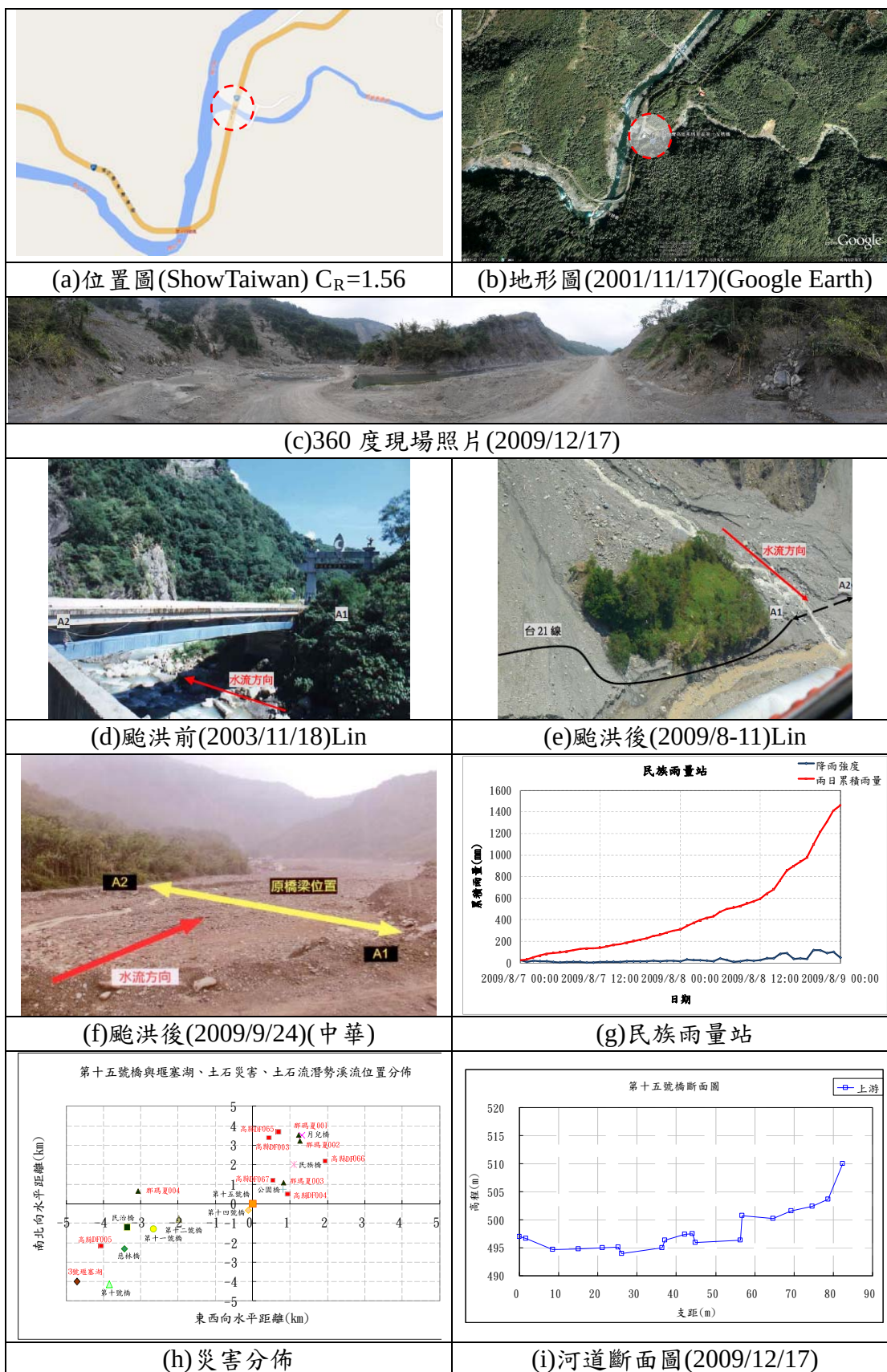


表 4.4.7 第十五號橋相關資料表

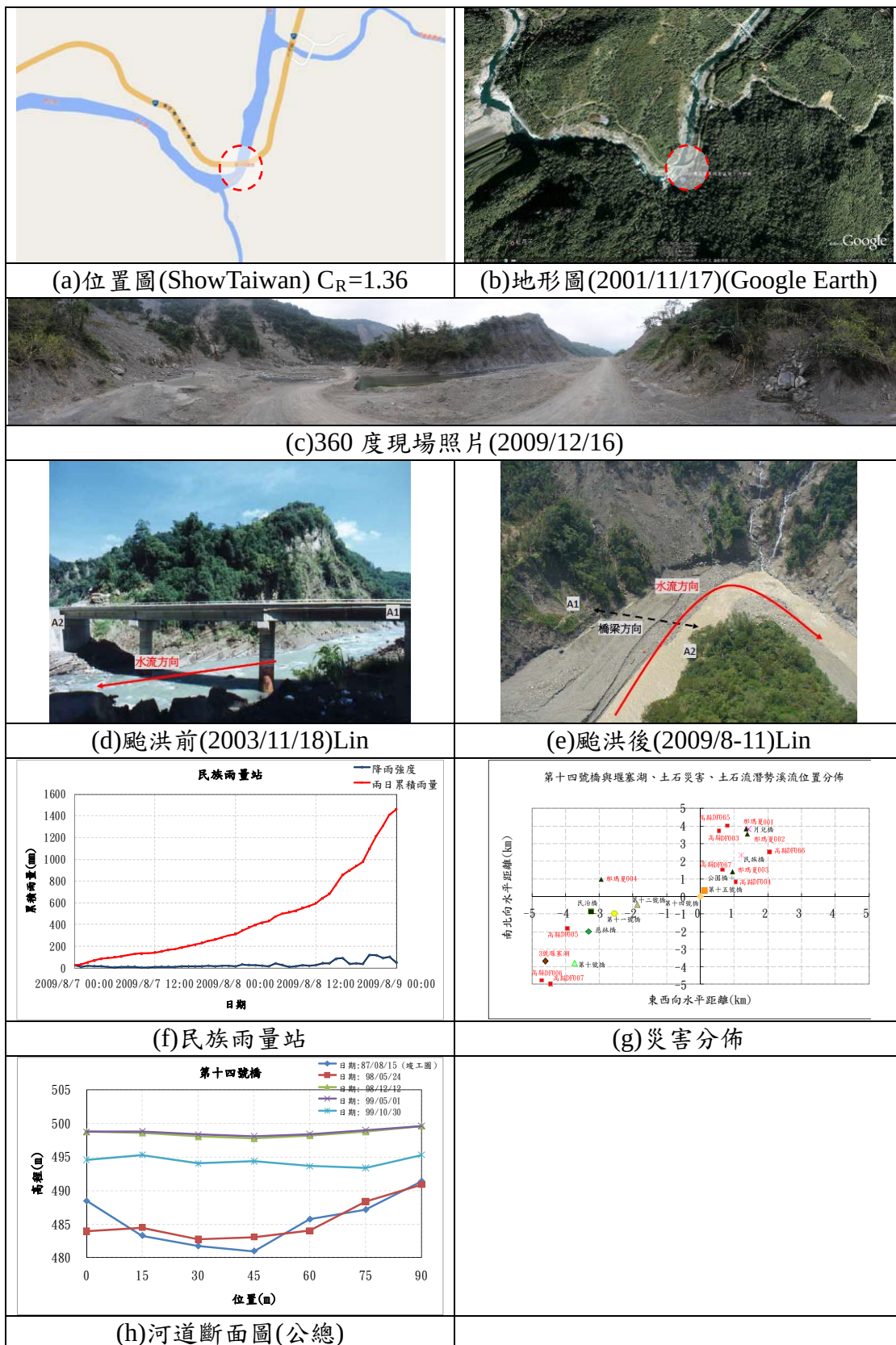


表 4.4.8 第十四號橋相關資料表

## 九、第十二號橋

第十二號橋相關資料如下表 4.4.9所述，該橋位於高雄市那瑪夏區，座落於台 21 線沿線 217K+917M處(a圖)，橋梁為五跨 200 公尺，各跨為 40 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 449 公尺(i圖)，平均淤積高度約為 9.3 公尺，淤積土方量約為  $1,958 \text{ m}^3/\text{m}$ ，該橋跨越旗山溪主流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有多處土石潛勢溪流與土石災害，其中以編號為高縣DF083 的土石潛勢溪流對該橋影響最直接，且其鄰近的那瑪夏 004 土石災害錫安山崩塌範圍約達 18 公頃。且鄰近的表湖雨量站 48 小時累積雨量達 1,031 mm，最大時雨量發生在 8 月 8 日 22:00 的 76 mm(f圖)；由此研判此橋破壞應與土石潛勢溪流和土石災害有關，配合(d)圖可知該橋橋底淨高約 9 公尺。再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為上游豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁，導致該橋毀損。

## 十、第十一號橋

第十一號橋相關資料如下表 4.4.10所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線沿線 218K+612M處(a圖)，橋梁為單跨 20 公尺，橋面寬度為 4.6 公尺，其所在位置河道高程為 442 公尺(i圖)，該橋跨越旗山溪支流，緊鄰旗山溪主流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有多處土石流潛勢溪流與土石災害，且鄰近的表湖雨量站 48 小時累積雨量達 1,031 mm，最大時雨量發生在 8 月 8 日 22:00 的 76 mm(f圖)；由此研判此橋破壞應與土石潛勢溪流和土石災害有關，由(d)圖可知該橋橋底淨高約為 9 公尺。再由(c)與(e)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為支流上游處豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁，導致該橋毀損。



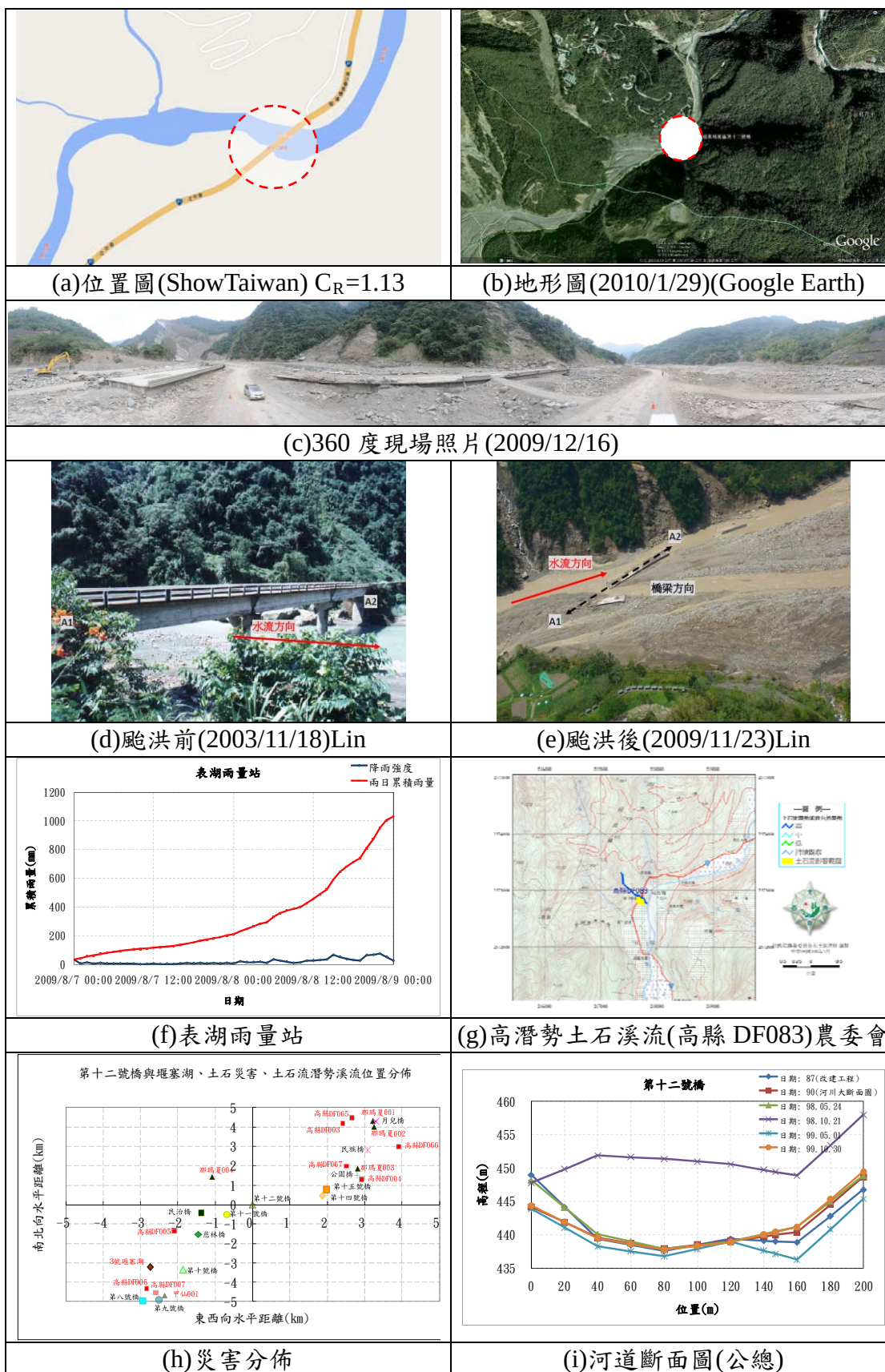


表 4.4.9 第十二號橋相關資料表

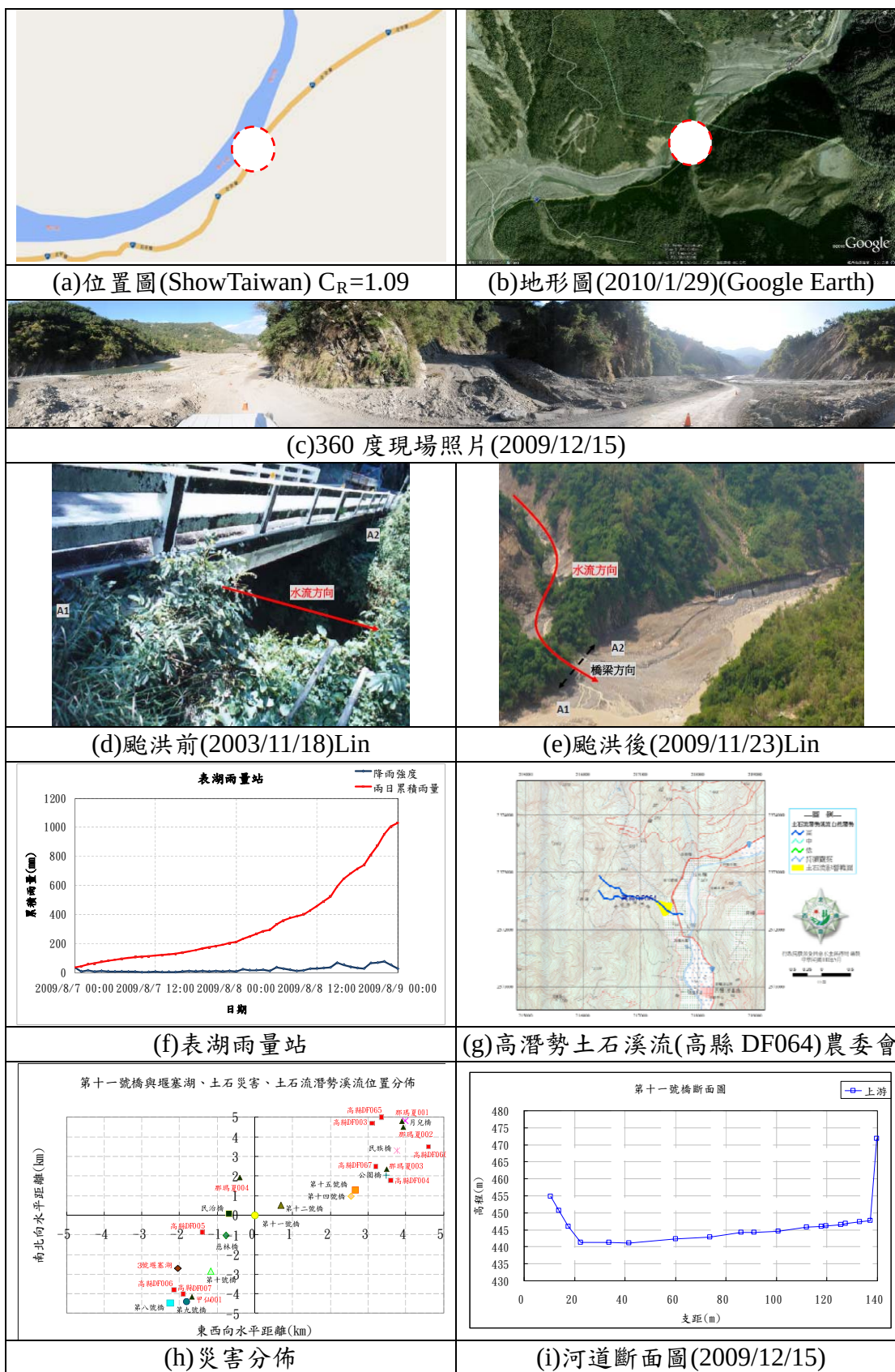


表 4.4.10 第十一號橋相關資料表

## 十一、民治橋

民治橋相關資料如下表 4.4.11 所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線沿線 219K+100M 處(a圖)，橋梁為單跨 15.6 公尺，橋面寬度為 7.5 公尺，其所在位置河道高程為 429 公尺(i圖)，該橋跨越旗山溪支流，緊鄰旗山溪主流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處 5 公里內有多處土石流潛勢溪流與土石災害，由此研判此橋破壞應與土石流潛勢溪流和土石災害有關，配合(d)圖可知該橋橋底淨高約 6 公尺，通洪斷面嚴重不足。且鄰近的表湖雨量站 48 小時累積雨量達 1,031 mm，最大時雨量發生在 8 月 8 日 22:00 的 76 mm(g圖)；再由(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為支流上游處豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁兩側引道，導致該橋兩側引道毀損。

## 十二、慈林橋

慈林橋相關資料如下表 4.4.12 所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線沿線 220K+485M 處(a圖)，橋梁為單跨 15 公尺，橋面寬度為 9 公尺，其所在位置河道高程為 404 公尺(i圖)，該橋跨越旗山溪支流，緊鄰旗山溪主流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有多處土石流潛勢溪流，配合(d)圖可知該橋橋底淨高約 5 公尺，通洪斷面嚴重不足。且鄰近的表湖雨量站 48 小時累積雨量達 1,031 mm，最大時雨量發生在 8 月 8 日 22:00 的 76 mm(f圖)；再由(c)、(e)與(g)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為支流上游處豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁兩側引道，導致該橋兩側引道毀損。



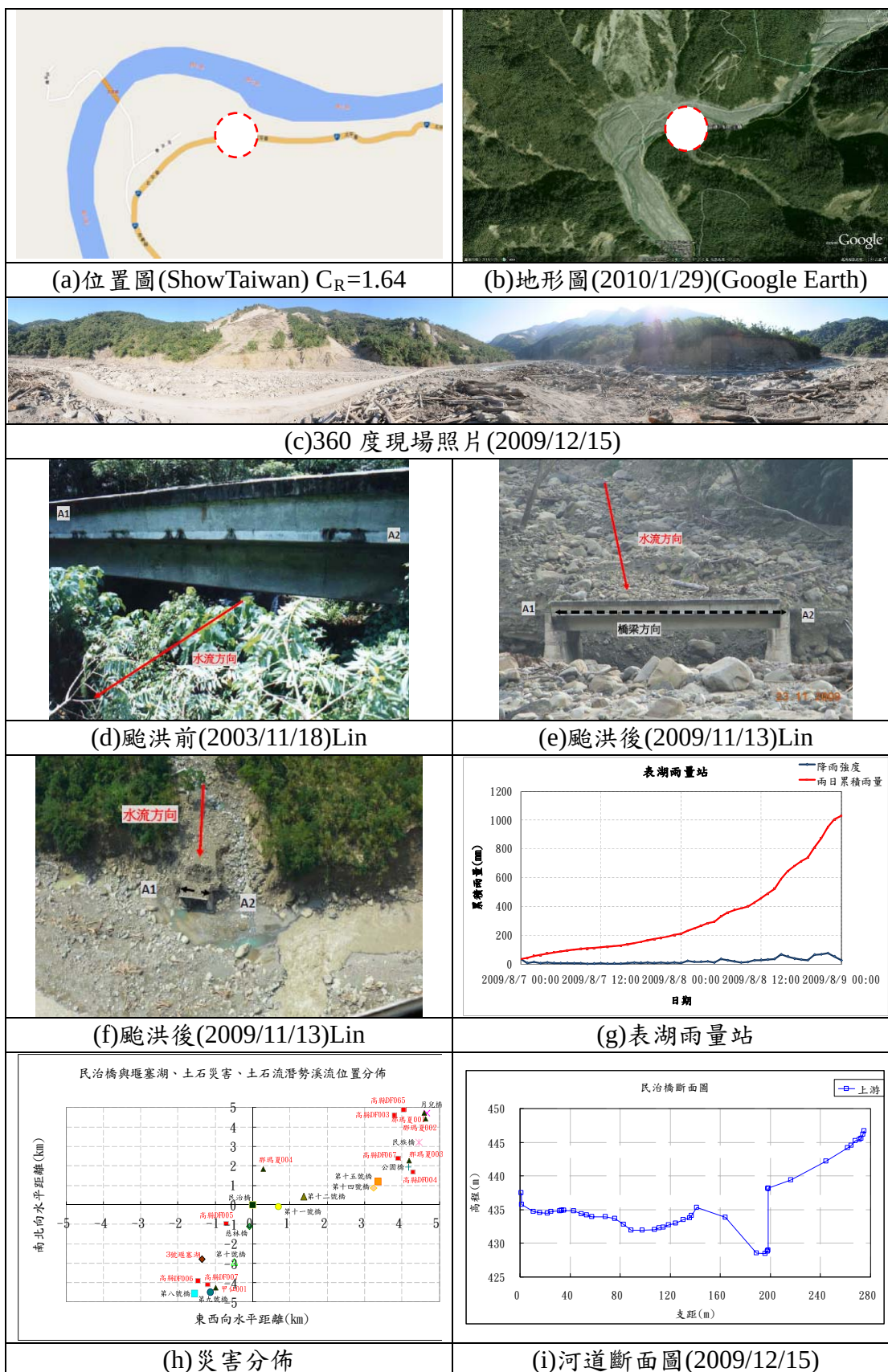


表 4.4.11 民治橋相關資料表

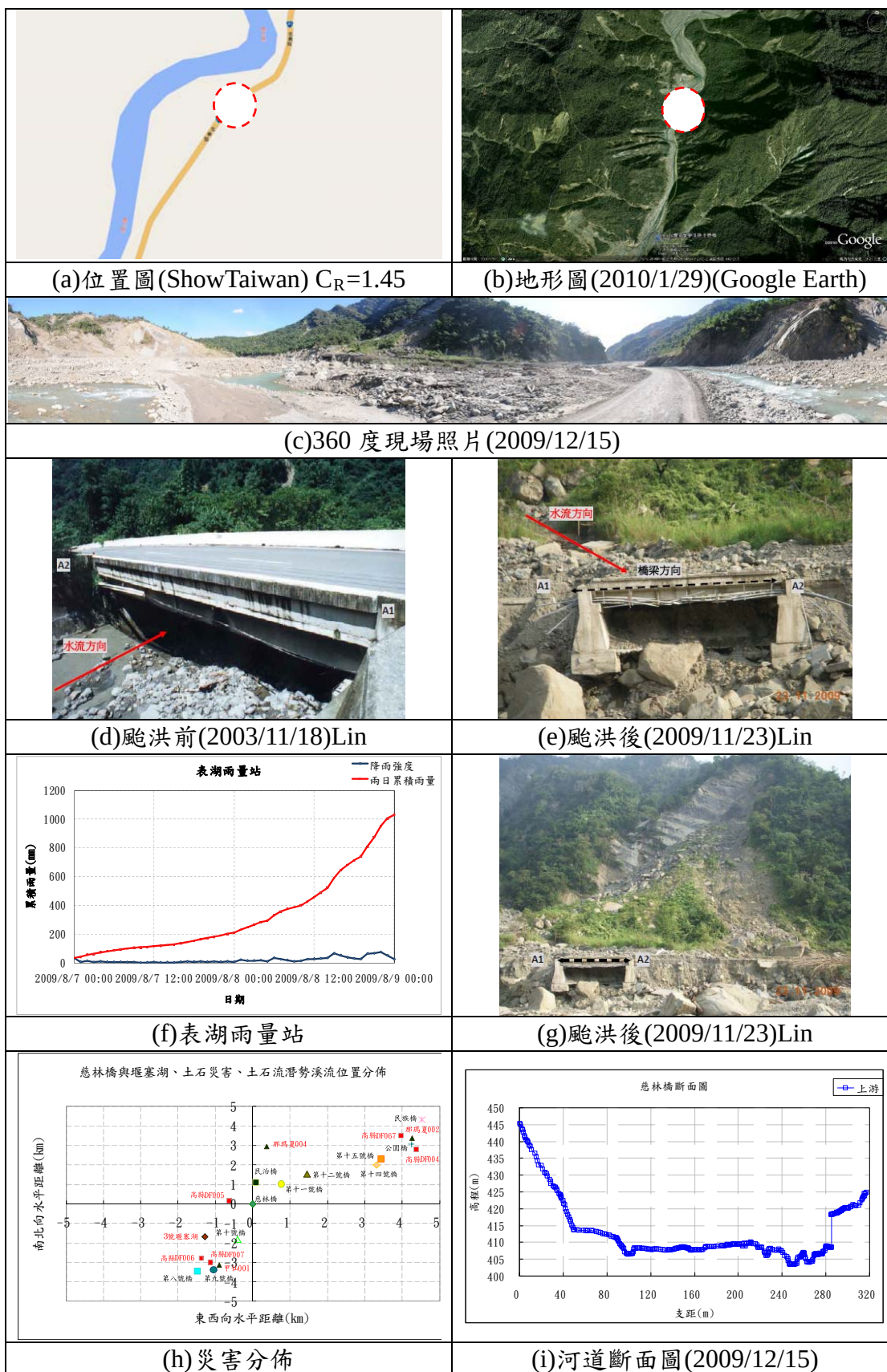


表 4.4.12 慈林橋相關資料表

### 十三、第十號橋

第十號橋相關資料如下表 4.4.13 所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線沿線 222K+721M 處(a圖)，橋梁為雙跨 30 公尺，各跨均為 15 公尺，橋面寬度為 4.6 公尺，其所在位置河道高程為 380 公尺(i圖)，該橋跨越旗山溪支流，緊鄰旗山溪主流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有 3 號堰塞湖潰決，與 3 處土石流潛勢溪流和甲仙 001 土石災害，配合(d)圖可知該橋橋底淨高約 7 公尺，通洪斷面嚴重不足。且鄰近的表湖雨量站 48 小時累積雨量達 1,031 mm(f圖)；再由(c)、(e)與(g)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為支流上游處豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流衝擊該橋梁，導致該橋毀損。

### 十四、第九號橋

第九號橋相關資料如下表 4.4.14 所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線沿線 224K+050M 處(a圖)，橋梁為單跨 10 公尺，橋面寬度為 12 公尺，其所在位置河道高程為 369 公尺(i圖)，該橋跨越旗山溪支流，緊鄰旗山溪主流(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋附近有 3 號堰塞湖潰決，高縣 006 與高縣 007 的土石潛勢溪流與甲仙 001 土石災害，其中以編號為高縣 DF007 的低潛勢土石溪流對該橋影響最直接(g圖)，且甲仙 001 之土石災害於 8 月 9 日約 6 時小林國小後方的獻肚山邊坡發生總面積約 350 公頃(其中崩塌區約為 190 公頃、堆積區約 160 公頃)之大規模走山，崩塌土石先掩埋小林村北側聚落，連同旗山溪右岸邊坡之崩塌土石，堵塞旗山溪河道形成堰塞湖，隨即於當日上午發生潰決，潰壩洪水夾帶大量土石將小林掩沒。配合(d)圖可知該橋橋底淨高約 5 公尺，通洪斷面嚴重不足。再由(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為支流上游處豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流衝擊該橋梁，導致該橋毀損。

## 十五、第八號橋

第八號橋相關資料如表 4.4.15 所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線 224K+050M 處(a圖)，橋梁為 2 跨 36 公尺，各跨均為 18 公尺，橋面寬度為 4.7 公尺，其所在位置河道高程為 381 公尺(i圖)，該橋跨越旗山溪支流，緊鄰旗山溪主流，其河道蜿蜒度高達 1.45(a圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游有 3 號堰塞湖潰決，與兩處的土石流潛勢溪流和甲仙 001 的土石災害，其中甲仙 001 之土石災害於 8 月 9 日約 6 時小林國小後方的獻肚山邊坡發生總面積約 350 公頃(其中崩塌區約為 190 公頃、堆積區約 160 公頃)之大規模走山，崩塌土石先掩埋小林村北側聚落，連同旗山溪右岸邊坡之崩塌土石，堵塞旗山溪河道形成堰塞湖，隨即於當日上午發生潰決，潰壩洪水夾帶大量土石將小林掩沒。配合(d)圖可知該橋橋底淨高約 8 公尺，通洪斷面不足。且鄰近的表湖雨量站 48 小時累積雨量達 1,031 mm(f圖)；再由(c)、(e)與(g)圖顯示災後河道淤積嚴重，研判應為支流上游處豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁，導致該橋毀損。



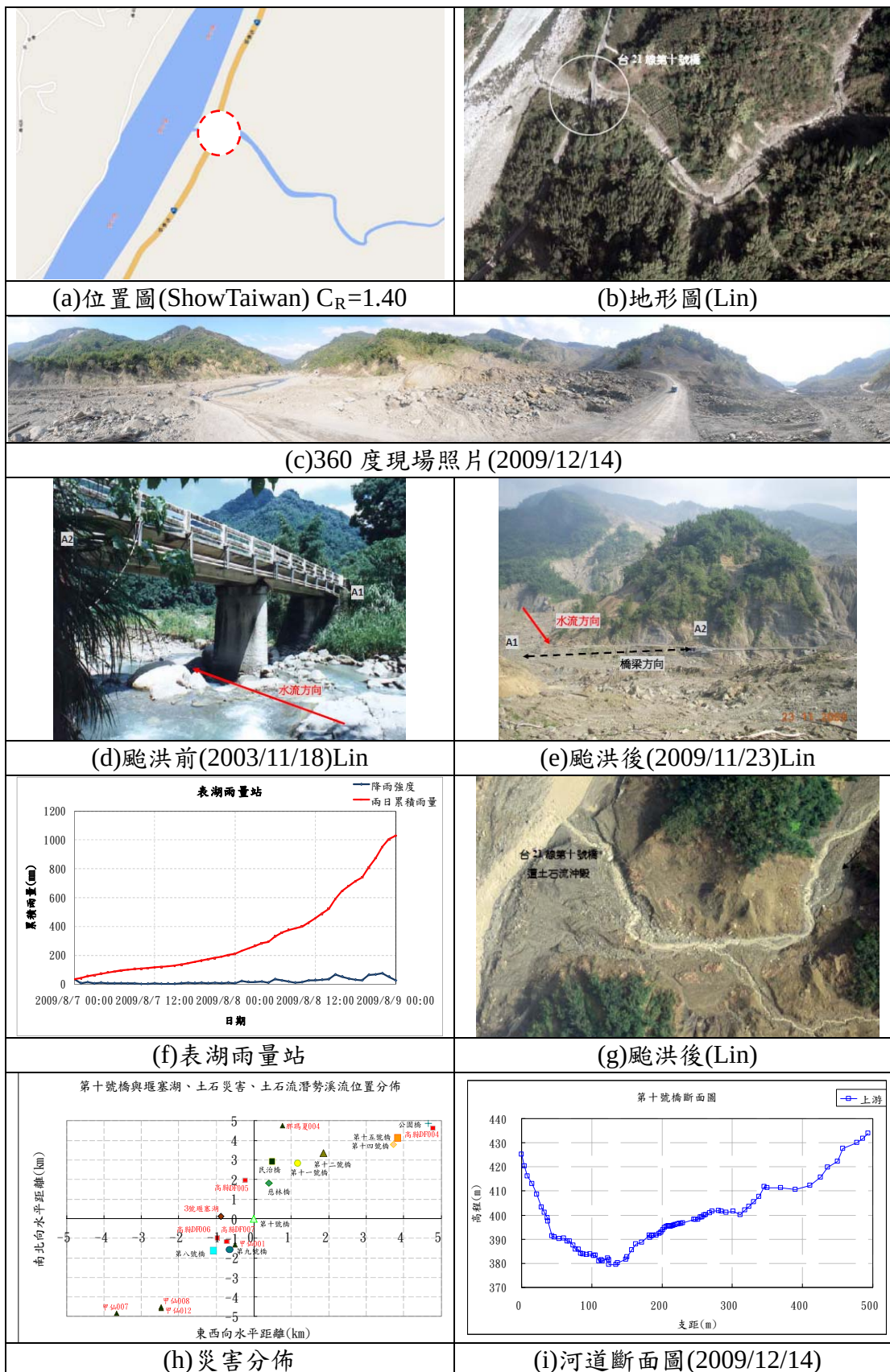


表 4.4.13 第十號橋相關資料表





表 4.4.14 第九號橋相關資料表

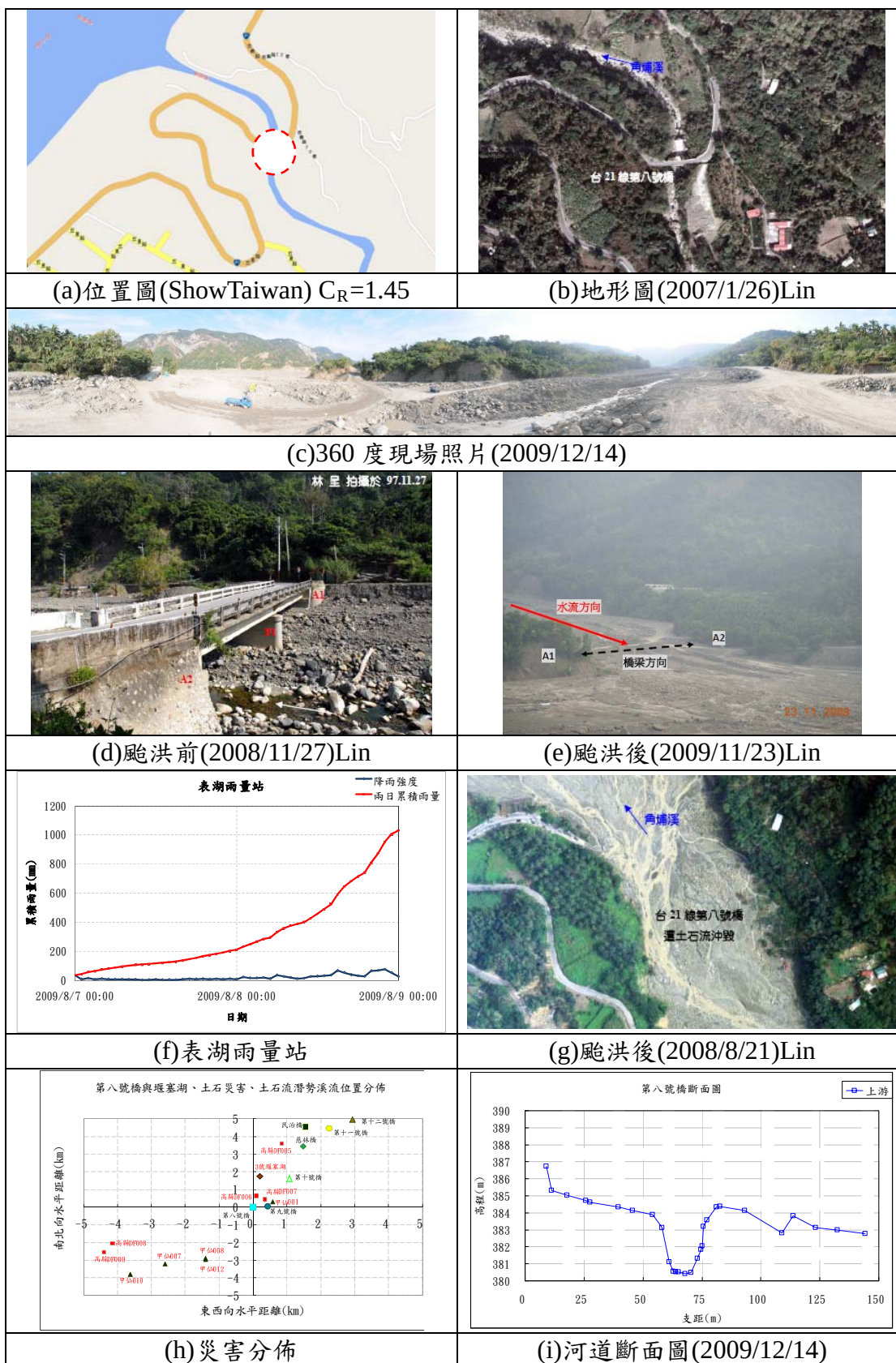


表 4.4.15 第八號橋相關資料表

## 4.5 旗山溪高程一百公尺至三百公尺間損壞的橋梁

旗山溪在高程 100 公尺至 300 公尺之間共有 3 座橋梁損壞，分別為楠梓仙溪橋、四德大橋與火山橋等 3 座橋梁。各橋梁相關地理位置、災前災後狀況、環境因子分布位置與斷面資料敘述如下：

### 一、楠梓仙溪橋

楠梓仙溪橋相關資料如下表 4.5.1 所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線沿線 235K+585M 處(a圖)，橋梁為 10 跨 290 公尺，各跨均為 29 公尺，橋面寬度為 9 公尺，該橋跨越旗山溪。其所在位置河道高程約為 260 公尺(i圖)，莫拉克颱風後最大淤積高度約為 4 公尺，最大沖刷深度約為 5 公尺，土方淤積量約為  $231\text{m}^3/\text{m}$ (h圖)。由(g)圖觀察可知該橋上游有多處土石流潛勢溪流與土石災害，由(c)、(e)與(f)圖顯示災後河道兩側受到沖刷，河道大幅拓寬而河道中央明顯淤積，研判應為支流上游處豪大雨導致邊坡崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該A1側橋台部分，導致該橋A1 橋台部分毀損，道路中斷。

### 二、四德大橋

四德大橋相關資料如下表 4.5.2 所述，該橋位於高雄市甲仙區，座落於台 21 線沿線 236K+650M 處，橋梁為 6 跨 240 公尺，各跨均為 40 公尺，橋面寬度為 7.5 公尺，該橋跨越旗山溪(a圖)。其所在位置河道高程約為 249 公尺(i圖)，莫拉克颱風後最大淤積高度約為 4 公尺，最大沖刷深度約為 2 公尺，土方淤積量約為  $254\text{ m}^3/\text{m}$ (i圖)。鄰近之甲仙雨量站 48 小時累積雨量達 1,523 mm，最大時雨量發生在 8 月 8 日 17:00 的 95 mm(g圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游有多處的土石流潛勢溪流與多處的土石災害。(d)圖顯示橋下淨高約為 12 公尺，配合(c)、(e)、(f)與(g)圖顯示災後河道有明顯的土石淤積，研判應為豪大雨和多處崩塌地崩塌後，大量土石隨著溪流沖擊該橋梁，導致該橋毀損。



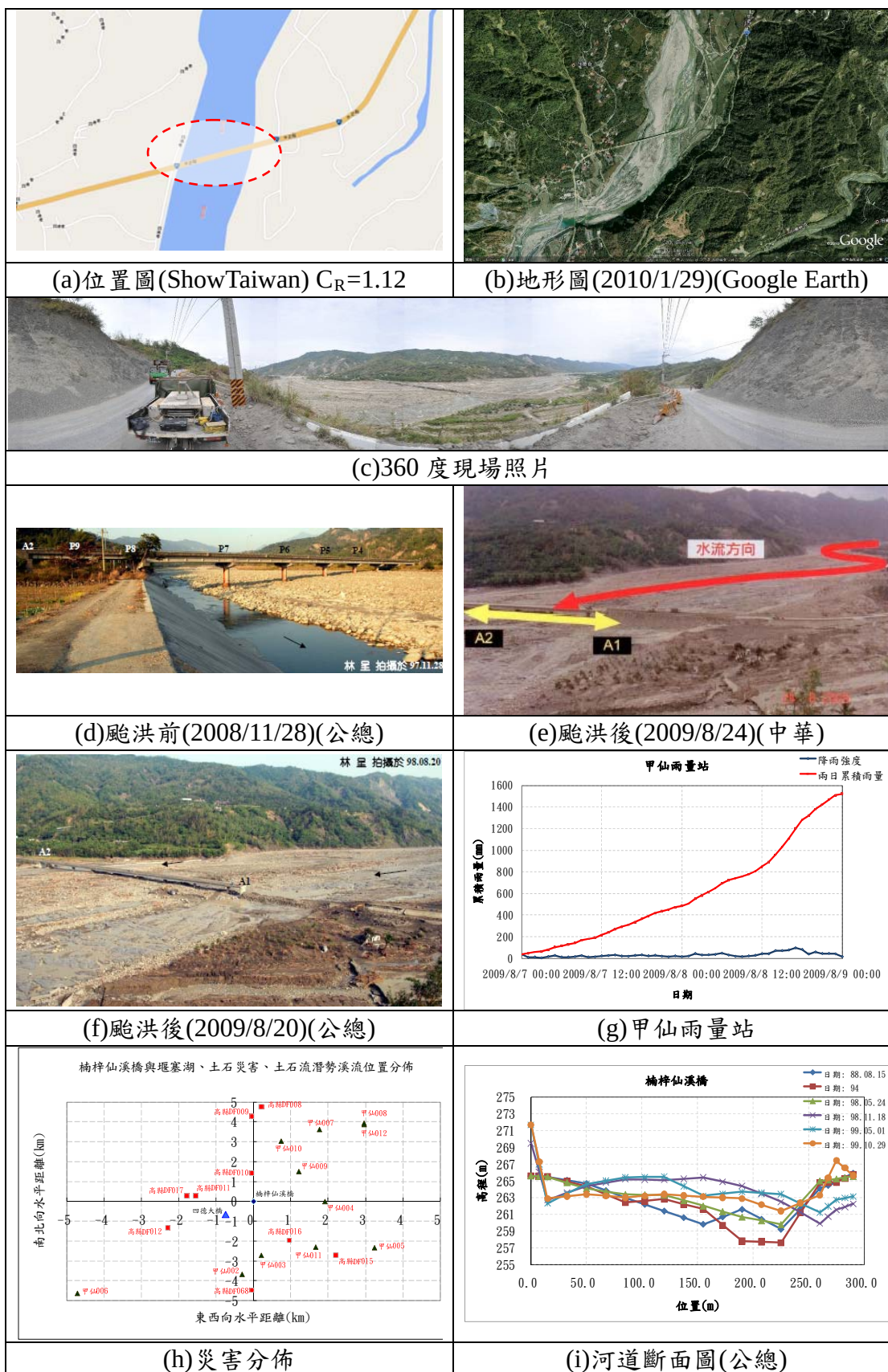


表 4.5.1 楠梓仙溪橋相關資料表

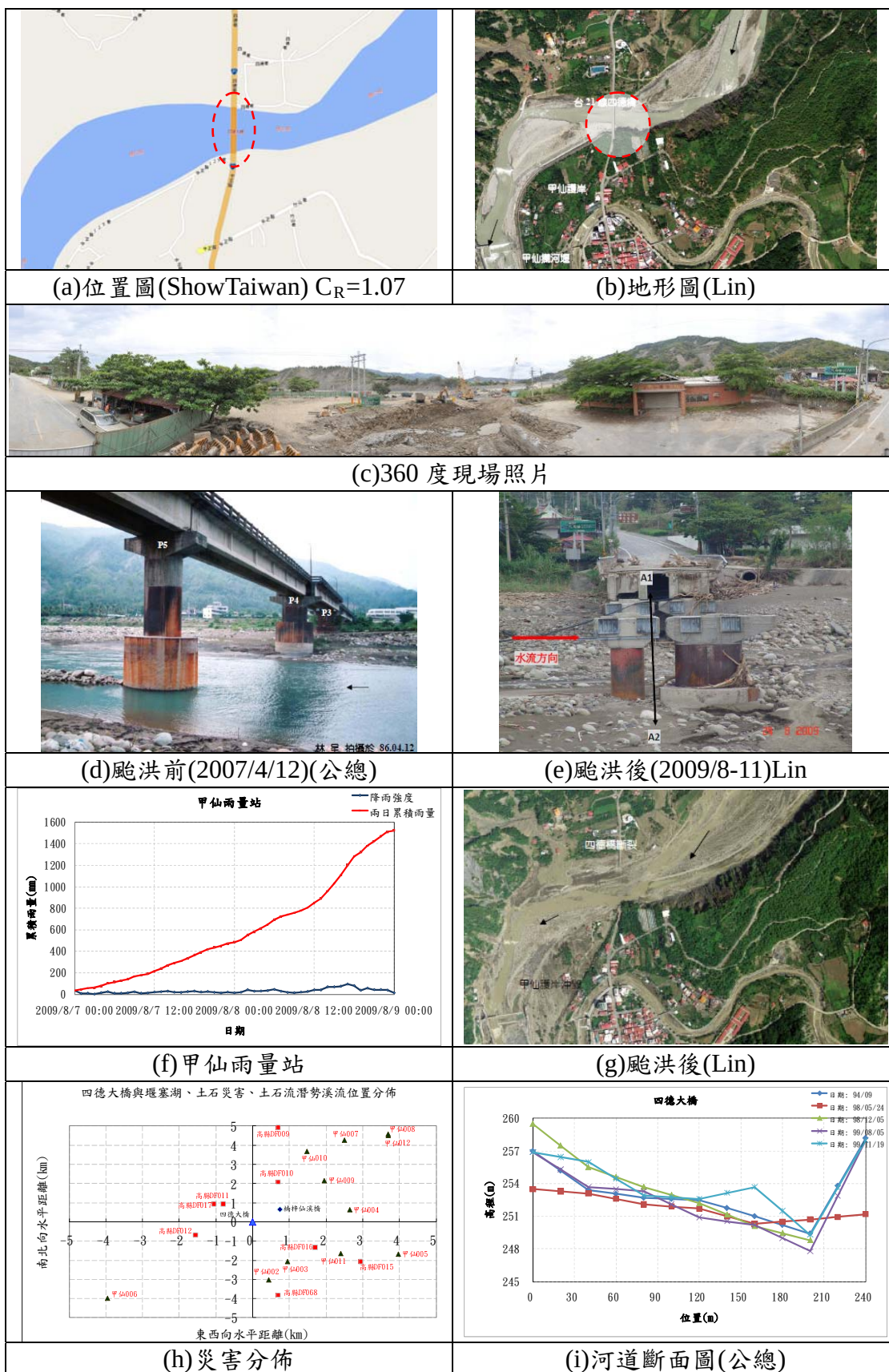


表 4.5.2 四德大橋相關資料表



### 三、火山橋

火山橋相關資料如下表 4.5.3所述，該橋位於高雄市杉林區，座落於台 21 線沿線 249K+049M處，橋梁為單跨 18 公尺，橋面寬度為 7.5 公尺，該橋跨越枋寮溪(a圖)。其所在位置河道高程約為 154 公尺(b圖)。由(f)圖觀察可知該橋鄰近有編號為杉林 001 的土石災害。由(c)圖顯示該橋淨高約為 5 公尺，配合(d)與(e)圖顯示災後河道有明顯的土石淤積，研判應為豪大雨和崩塌地崩塌後，大量土石掩埋該橋。

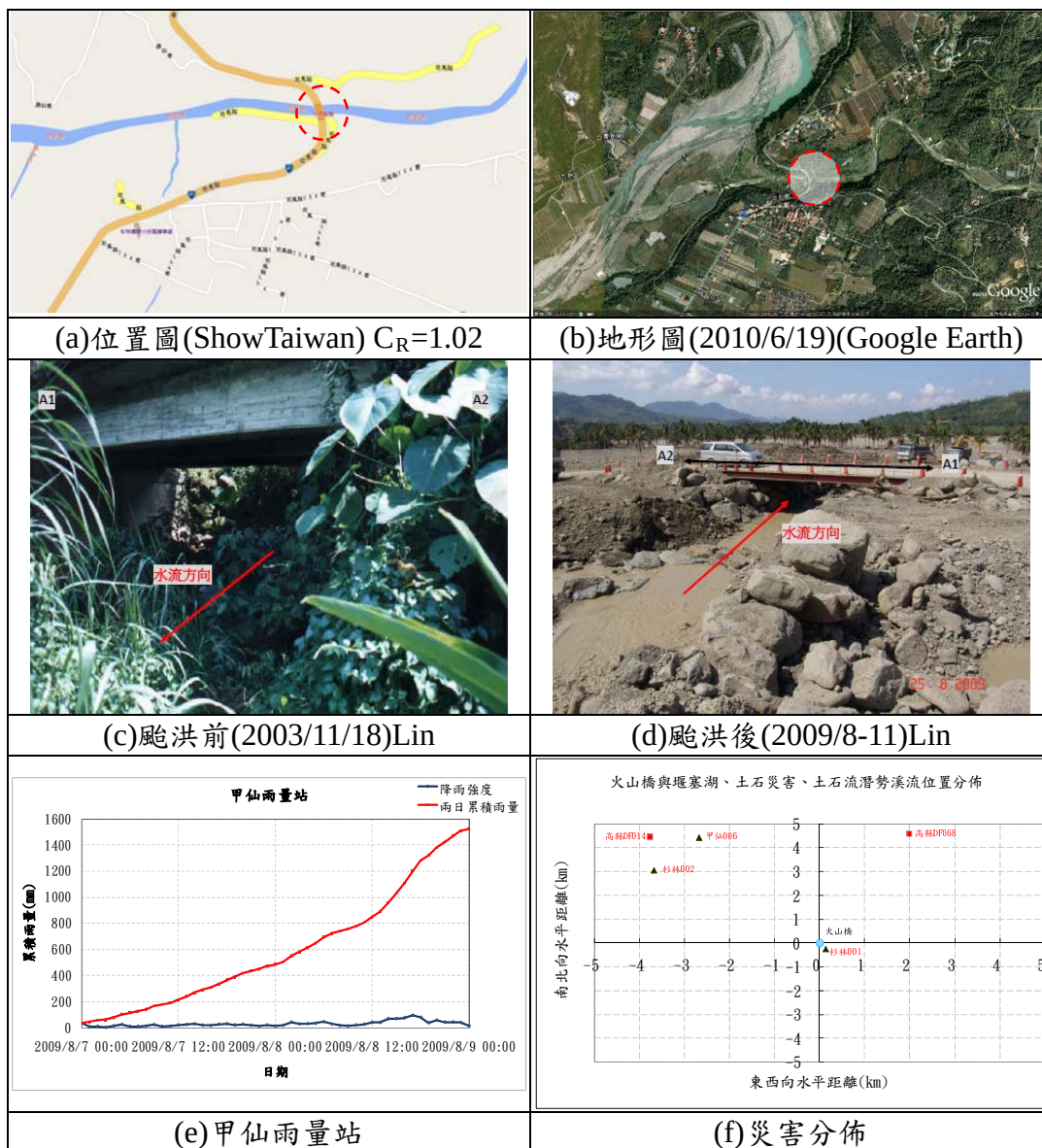


表 4.5.3 火山橋相關資料表

## 4.6 旗山溪高程一百公尺以下損壞的橋梁

旗山溪在高程 100 公尺以下共有 3 座橋梁損壞，分別為旗尾橋、新旗尾橋與大洲大橋等 3 座橋梁。各橋梁相關地理位置、災前災後狀況、環境因子分布位置與斷面資料敘述如下：

### 一、 旗尾橋

旗尾橋相關資料如下表 4.6.1 所述，該橋位於高雄市旗山區，座落於台 28 線沿線 30K+500M 處，橋梁為六跨 180 公尺，各跨均為 30 公尺，橋面寬度為 14.8 公尺，該橋跨越旗山流(a圖)。其所在位置河道高程約為 58 公尺(i圖)。由(h)圖觀察可知該橋上游處有 7 處土石流潛勢溪流。由(d)圖顯示該橋淨高約為 4.5 公尺，且有鋪設保護工設施。配合(c)、(e)、(f)與(g)圖顯示災後河道有明顯的土石淤積，研判應為洪水與土石流，攜帶大量土石衝擊該橋梁，導致該橋部分受損。

### 二、 新旗尾橋

新旗尾橋相關資料如下表 4.6.2 所述，該橋位於高雄市旗山區，座落於台 3 線沿線 408K+940M 處，橋梁為 18 跨 720 公尺，各跨均為 40 公尺，橋面寬度為 24.3 公尺，該橋跨越旗山流，位於旗尾橋的下游處(a圖)。其所在位置河道高程約為 57 公尺(i圖)。由(h)圖可知該橋上游處有 7 處土石流潛勢溪流。由(d)圖顯示該橋淨高約為 5.5 公尺，配合(c)、(e)、(f)與(g)圖顯示災後河道有明顯的土石淤積，研判應為洪水與土石流攜帶大量土石衝擊該橋，導致該橋部分受損。

### 三、 大洲大橋

大洲大橋相關資料如下表 4.6.3 所述，該橋位於高雄市旗山區，座落於高 27 線沿線 1K+280M 處，橋梁為 4 跨 160 公尺，各跨均為 40 公尺，橋面寬度為 9 公尺，該橋跨越旗山流，位於新旗尾橋的下游處(a圖)。其所在位置河道高程約為 32 公尺(i圖)。由(h)圖觀察其鄰近 5 公里內並無災害，然由其與旗尾橋和新旗尾橋之位置判斷，其破壞原因

應與其上游處土石流潛勢溪流有關。(d)圖顯示該橋淨高為 12 公尺，配合(c)、(e)、(f)與(g)圖顯示災後河道有明顯的漂流木淤積，研判應為洪水夾雜土石流與漂流木衝擊該橋梁，導致該橋斷裂。



表 4.6.1 旗尾橋相關資料表





表 4.6.2 新旗尾橋相關資料表





表 4.6.3 大洲大橋相關資料表

#### 4.7 濁口溪高程一百公尺至三百公尺之間損壞的橋梁

濁口溪在高程 100 公尺至 300 公尺之間共有 4 座橋梁損壞，分別為多納橋、羅木斯橋、興農大橋與大津橋等 4 座橋梁。各橋梁相關地理位置、災前災後狀況、環境因子分布位置與斷面資料敘述如下：

##### e、多納橋

多納橋相關資料如下表 4.7.1 所述，該橋位於高雄市茂林區，座落於高 32 線沿線 9K+000M 處，橋梁為 3 跨 111 公尺，各跨均為 36.9 公尺，橋面寬度為 9 公尺，該橋跨越濁口溪，位於河道蜿蜒處，其蜿蜒度數值達 1.52(a 圖)。其所在位置河道高程約為 244 公尺(b 圖)。由(d)圖觀察其鄰近 1 公里有編號為茂林 001 的土石災害，研判其破壞原因應與此土石災害有關。由(c)圖顯示災後橋墩明顯有受到外力衝擊而破損的現象，但並未被完全撞斷或完全掩埋，僅橋面板全部被沖失，顯示此橋並主要非受沖刷之影響，而是受到河流攜帶的大量土石撞擊，導致橋面板被翻落河道被沖失。

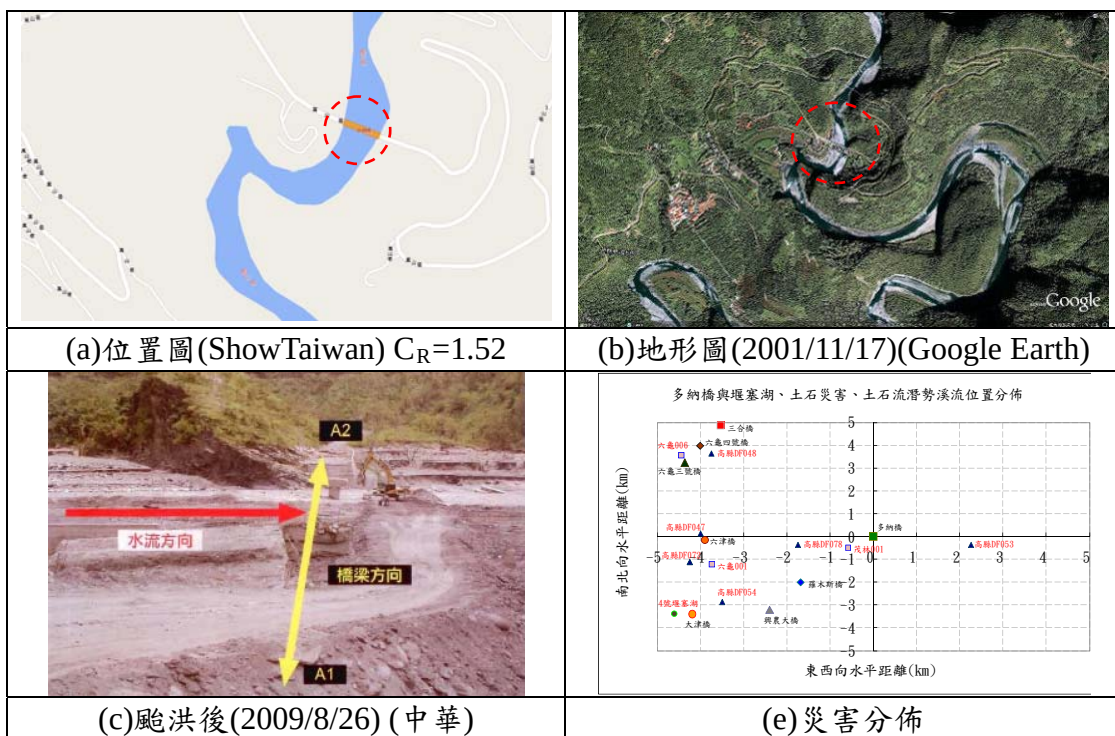


表 4.7.1 多納橋相關資料表

## 二、羅木斯橋

羅木斯橋相關資料如下表 4.7.2所述，該橋位於高雄市茂林區，座落於高 23 線沿線 3K+400M處，橋梁為 3 跨 105 公尺，各跨均為 35 公尺，橋面寬度為 8 公尺，該橋跨越濁口溪(a圖)。其所在位置河道高程約為 186 公尺(b圖)。由(e)圖觀察其上游處有編號為茂林 001 的土石災害與編號為高縣DF078 的高潛勢土石溪流，研判其破壞原因應與此土石災害和土石流潛勢溪流有關。由(c)與(d)圖顯示災後橋墩明顯有受到外力衝擊而破損的現象，但並未被完全撞斷或完全掩埋，僅橋面板全部被沖失，顯示此橋並主要非受沖刷之影響，而是受到河流攜帶的大量土石撞擊，導致橋面版被翻落河道被沖失。

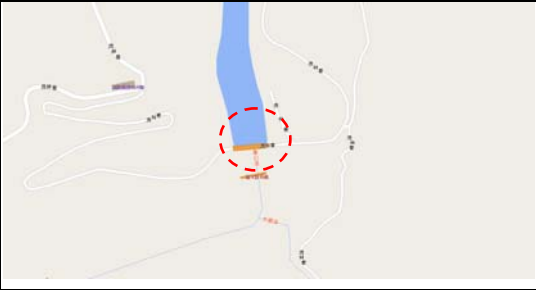
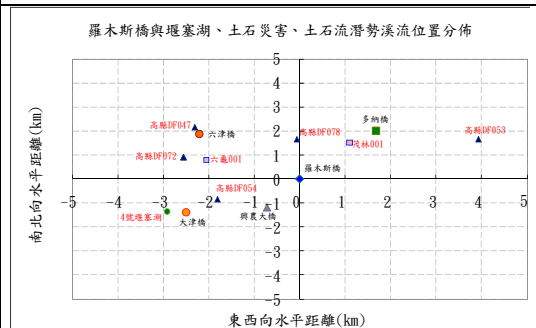
|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| (a)位置圖(ShowTaiwan) $C_R=1.16$                                                       | (b)地形圖(2001/11/17)(Google Earth)                                                     |
|  |  |
| (c)飈洪後(2009/8/26)(中華)                                                               | (d)飈洪後(2009/8/26)(中華)                                                                |
|  |                                                                                      |
| (e)災害分佈                                                                             |                                                                                      |

表 4.7.2 羅木斯橋相關資料表



### 三、興農大橋

興農大橋相關資料如下表 4.7.3所述，該橋位於高雄市茂林區，座落於高 33 線沿線 7K+480M處，橋梁為 3 跨 105 公尺，各跨均為 35 公尺，橋面寬度為 8 公尺，該橋跨越濁口溪(a圖)。其所在位置河道高程約為 169 公尺(b圖)。由(e)圖觀察其上游處有編號為高縣DF054 的低潛勢土石溪流，研判其破壞原因應與此土石流潛勢溪流有關。由(c)與(d)圖顯示災後橋墩明顯有受到外力衝擊而破損的現象，但並未被完全撞斷或完全掩埋，僅橋面板全部被沖失，顯示此橋並主要非受沖刷之影響，而是受到河流攜帶的大量土石撞擊，導致橋面版被翻落河道被沖失。

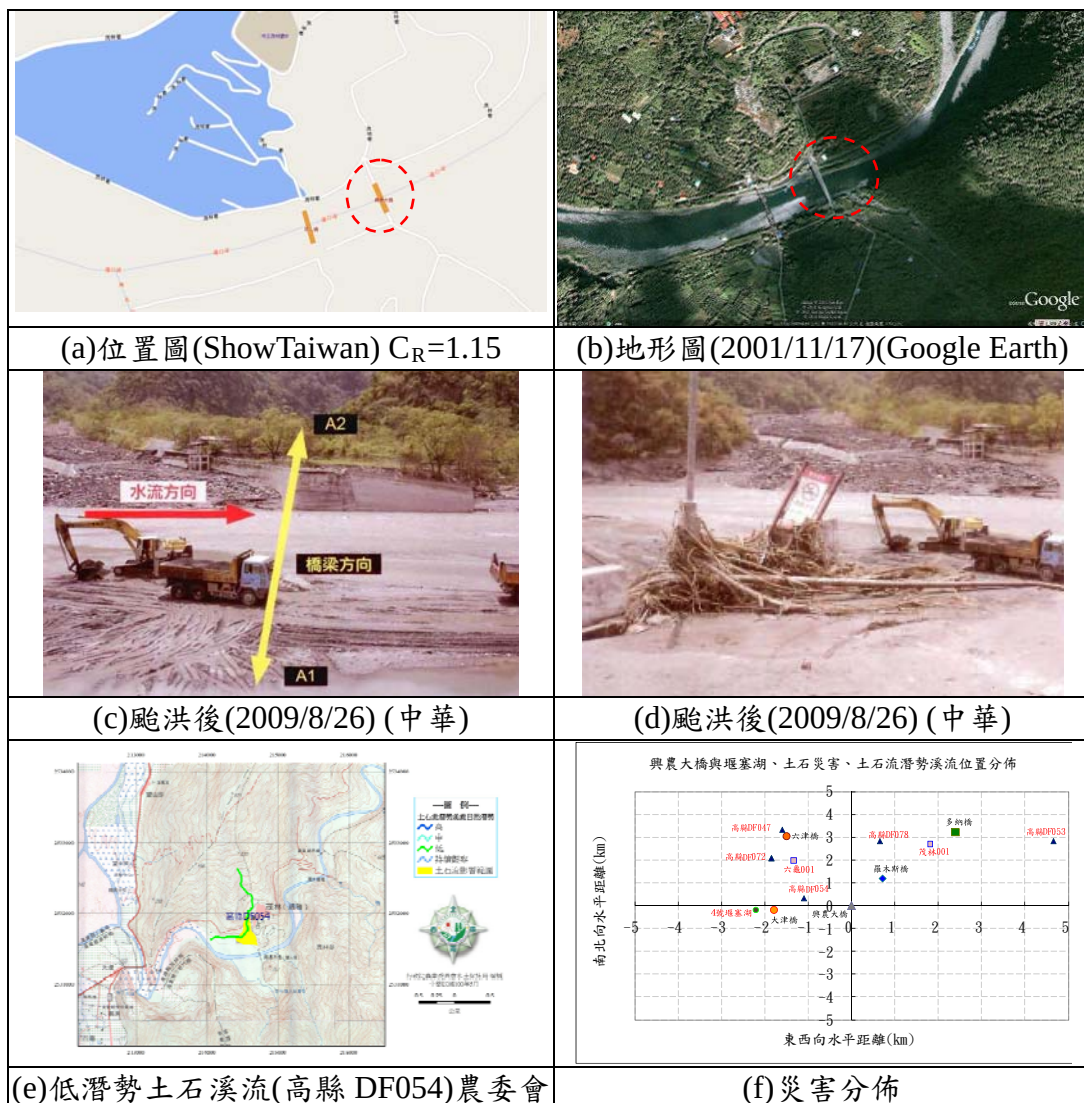


表 4.7.3 興農大橋相關資料表

#### 四、大津橋

大津橋相關資料如下表 4.7.4所述，該橋位於高雄市六龜區，座落於高 30 線沿線 25K+015M處，橋梁為 10 跨 250 公尺，各跨均為 25 公尺，橋面寬度為 12 公尺，該橋跨越濁口溪，相當鄰近於荖濃溪，且位於河道蜿蜒處，其蜿蜒度為 1.78(a圖)。其所在位置河道高程約為 143 公尺(f圖)。由(e)圖觀察其附近有編號 04 的堰塞湖潰決，研判其破壞原因應與此堰塞湖有關。由(c)圖顯示其橋下淨高為 5 公尺，配合(c)與(d)圖顯示災後河道有許多漂流木及土砂，且橋墩多述並未被完全撞斷或完全掩埋，僅橋面板被沖失，顯示此橋主要非受沖刷之影響，而是受到河流攜帶的大量土石及漂流物撞擊，導致橋面版翻落河道被沖失。

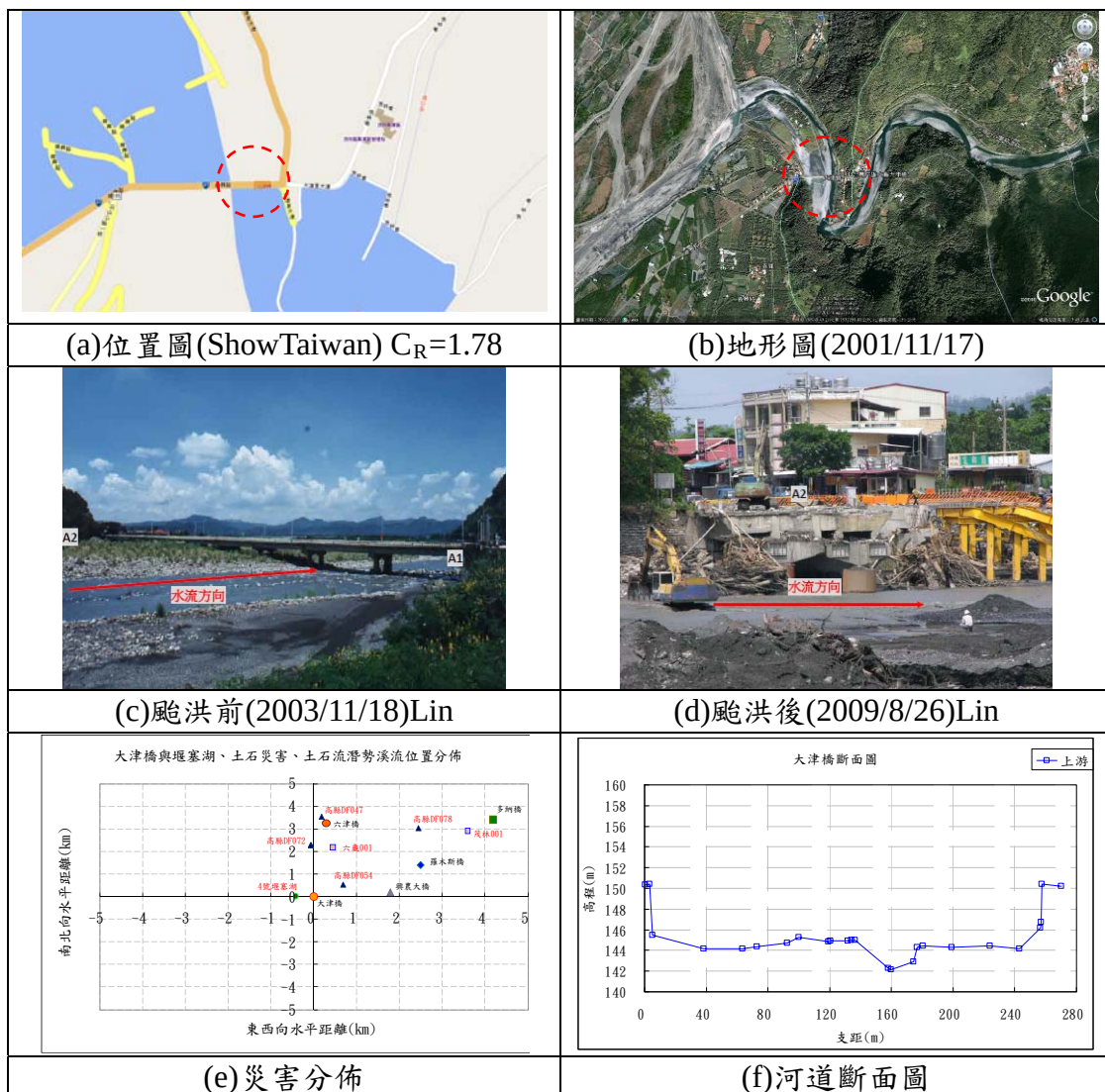


表 4.7.4 大津橋相關資料表



## 4.8 隘寮北溪與高屏溪損壞的橋梁

### 一、第一號橋

隘寮北溪僅有第一號橋損壞，其相關資料如下表 4.8.1所述，該橋位於屏東縣霧台鄉，座落於台 24 線沿線 32K+890M處，橋梁為 2 跨 53.5 公尺，各跨均為 26.75 公尺，橋面寬度為 4.7 公尺，該橋跨越隘寮北溪(a圖)。其所在位置河道高程約為 256 公尺(i圖)。由(h)圖觀察其附近並無明顯之地工災害。其鄰近御油山雨量站 48 小時累積雨量達 1,816 mm，最大時雨量為 8 月 8 日 14:00 的 90.5 mm(f圖)。由(d)圖顯示其橋下淨高為 14 公尺，配合(c)、(e)與(g)圖顯示災後橋梁完全沖失，且河道明顯有大量土石淤積，研判可能破壞原因為上游處土石崩塌所引起。

### 二、雙園大橋

高屏溪僅有雙園大橋損壞，其相關資料如下表 4.8.2所述，該橋位於高雄市林園區，座落於台 17 線沿線 248K+500M處，橋梁為 68 跨 2082.8 公尺，其中 60 跨均為 31 公尺、6 跨均為 30 公尺、剩餘兩跨分別為 25 公尺與 18 公尺，橋面寬度為 17 公尺，該橋跨越高屏溪(a圖)。其所在位置河道高程約為 1 公尺(i圖)。由(h)圖觀察其附近並無明顯之地工災害。由(d)圖顯示其橋下淨高為 7 公尺，配合(c)、(e)、(f)與(g)圖顯示災後橋面版S2~S16 完全沖失，且河岸明顯有到沖蝕，研判此橋破壞主因為沖刷所造成。

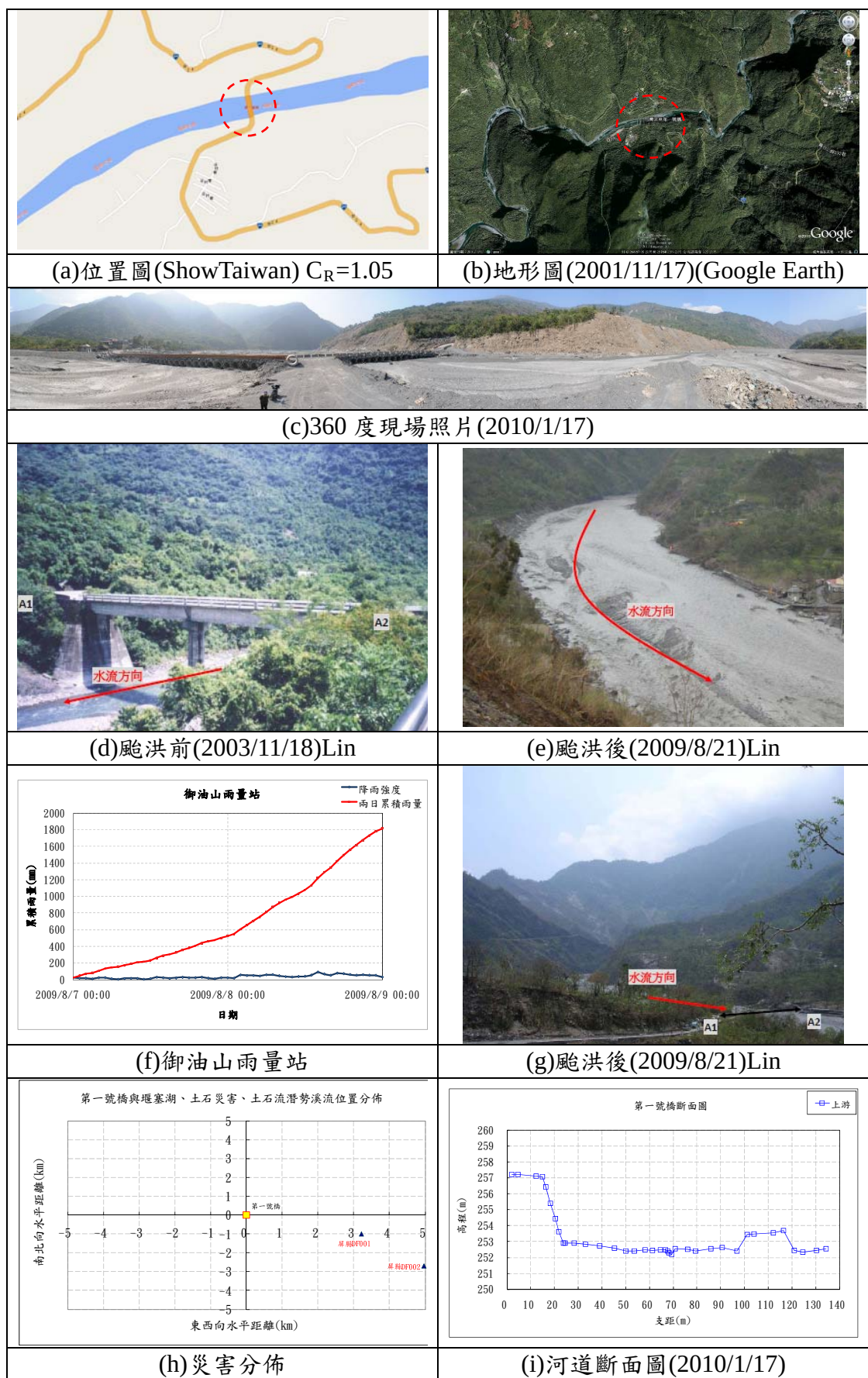


表 4.8.1 第一號橋相關資料表



表 4.8.2 雙園大橋相關資料表

## 第五章 橋梁損壞成因分析統計

將第三章與第四章所提及的災損原因主要可分為 1. 土石淤埋、土石流沖毀、河道蜿蜒性、崩塌地、堰塞湖等高複合因素損壞，2. 土石流伴隨其他環境因子之低複合損壞與 3. 洪水沖刷等三類，依此三類災損原因可發現造成橋梁損壞的環境影響因子分界點，約位於高程 300 公尺與 100 公尺處。

表 5.1 為各損壞橋梁與雨量、河道蜿蜒度、高程變化與坡度等可能造成橋梁損壞的因子間的關係。由表中橋梁鄰近雨量站關係，可以觀察出累積雨量多數超過 1,000 mm，兩日平均降與強度多數大於 20 mm/hr，河道蜿蜒度也以大於 1.05 者居多，其中以大津橋的 1.78 居冠，河道土方淤積多數低於 2,000 m<sup>3</sup>/m，其中以新旗尾橋的 16,481 m<sup>3</sup>/m 居冠。

表 5.1 各損壞橋梁災損原因分析表

| 所在溪流 | 橋梁名稱    | 所在溪流  | 河道高程(m) | 河道蜿蜒度 | 橋長(m) | 淤積高度(m) | 土方增加量(m <sup>3</sup> /m) | 災前坡度(%) | 災後坡度(%) | 坡度變化(%) | 最近雨量站 | 橋梁與雨量站距離(km) | 雨量站高程(m) | 六日累積雨量(mm) | 兩日累積雨量(mm) | 兩日平均降雨強度(mm/hr) |
|------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|--------------------------|---------|---------|---------|-------|--------------|----------|------------|------------|-----------------|
| 荖濃溪  | 武雄橋     | 野溪    | 2,361   | 1.02  | 25    | -       | -                        | -       | -       | -       | 南天池   | -            | -        | 2,694      | 2,275      | 47.4            |
|      | 禮觀橋     | 荖濃溪支流 | 1,907   | 1.02  | 18    | -       | -                        | -       | -       | -       | 南天池   | -            | -        | 2,694      | 2,275      | 47.4            |
|      | 唯金溪橋    | 唯金溪   | 1,049   | 1.14  | 24    | -       | -                        | -       | -       | -       | 梅山    | 3.5          | 860      | 2,023      | 1,169      | 24.3            |
|      | 榮光一橋    | 荖濃溪支流 | 797     | 1.08  | 71    | 11      | 811                      | 22.88   | 12.30   | -10.58  | 梅山    | 1.1          | 860      | 2,023      | 1,169      | 24.3            |
|      | 復興橋     | 拉克斯溪  | 681     | 1.18  | 71    | 22      | 1,557                    | 9.36    | 8.08    | -1.28   | 梅山    | 5.2          | 860      | 2,023      | 1,169      | 24.3            |
|      | 明德橋     | 荖濃溪支流 | 669     | 1.26  | 11    | -       | -                        | -       | -       | -       | 小關山   | 4.6          | 1,865    | 2,485      | 1,453      | 30.2            |
|      | 勤和橋     | 荖濃溪支流 | 658     | 1.10  | 35.1  | 47      | 1,664                    | 0.45    | 25.83   | 25.38   | 小關山   | 4.1          | 1,865    | 2,485      | 1,453      | 30.2            |
|      | 東莊橋     | 少年溪   | 565     | 1.23  | 35.1  | 12      | 414                      | 16.10   | 13.54   | -2.56   | 小關山   | 3.4          | 1,865    | 2,485      | 1,453      | 30.2            |
|      | 撒啦阿塢橋   | 荖濃溪   | 564     | 1.17  | 125   | 46      | 2,003                    | -       | -       | -       | 小關山   | 3.8          | 1,865    | 2,485      | 1,453      | 30.2            |
|      | 桃源一橋    | 少年溪   | 588     | 1.11  | 23.6  | -       | -                        | 8.07    | 11.45   | 3.38    | 小關山   | 4.8          | 1,865    | 2,485      | 1,453      | 30.2            |
|      | 塔拉拉魯芙溪橋 | 荖濃溪支流 | 534     | 1.37  | 85    | 21      | 1,817                    | 8.10    | 11.50   | 3.40    | 小關山   | 4.8          | 1,865    | 2,485      | 1,453      | 30.2            |
|      | 勝境橋     | 荖濃溪支流 | 551     | 1.10  | 32    | 11      | 360                      | 38.94   | 27.82   | -11.12  | 高中    | 5.0          | 760      | 2,254      | 1,429      | 29.4            |
|      | 萬年橋     | 荖濃溪支流 | 512     | 1.05  | 35    | 22      | 786                      | 35.16   | 32.05   | -3.11   | 高中    | 3.4          | 760      | 2,254      | 1,429      | 29.4            |
|      | 炳才橋     | 綠茂溪   | 533     | 1.13  | 32.4  | 42      | 1,357                    | 9.45    | 12.57   | 3.12    | 高中    | 0.8          | 760      | 2,254      | 1,429      | 29.4            |
|      | 綠茂橋     | 綠茂溪   | 542     | 1.21  | 40.2  | 31      | 1,243                    | 9.50    | 12.60   | 3.10    | 高中    | 1.2          | 760      | 2,254      | 1,429      | 29.4            |
|      | 寶來二橋    | 荖濃溪   | 398     | 1.47  | 220   | 30      | 1,047                    | 11.50   | 13.40   | 1.90    | 高中    | 2.8          | 760      | 2,254      | 1,429      | 29.4            |
|      | 建山二橋    | 荖濃溪支流 | 440     | 1.47  | 35    | 12      | 431                      | 8.74    | 16.70   | 7.96    | 高中    | 4.2          | 760      | 2,254      | 1,429      | 29.4            |
|      | 建山一橋    | 荖濃溪支流 | 451     | 1.43  | 42    | 23      | 967                      | 8.90    | 11.95   | 3.05    | 高中    | 5.5          | 760      | 2,254      | 1,429      | 29.4            |
|      | 新發大橋    | 荖濃溪   | 302     | 1.28  | 228   | 27      | 6,126                    | 1.16    | 1.72    | 0.56    | 新發    |              | 470      | 2,822      | 1,816      | 37.3            |
|      | 六龜大橋    | 荖濃溪   | 227     | 1.39  | 308   | 4       | -477                     | 1.16    | 1.72    | 0.56    | 六龜    | 1.6          | 259      | 2,291      | 1,578      | 31.9            |



|     |       |       |     |      |      |    |        |       |       |        |       |     |       |       |       |      |
|-----|-------|-------|-----|------|------|----|--------|-------|-------|--------|-------|-----|-------|-------|-------|------|
| 旗山溪 | 三合橋   | 扇平溪   | 236 | 1.01 | 39   | 23 | 906    | 2.71  | 5.98  | 3.27   | 六龜    | 5.3 | 259   | 2,291 | 1,578 | 31.9 |
|     | 六龜四號橋 | 荖濃溪支流 | 193 | 1.01 | 16   | 2  | 38     | 4.20  | 0.90  | -3.30  | 六龜    | 5.7 | 259   | 2,291 | 1,578 | 31.9 |
|     | 六龜三號橋 | 荖濃溪支流 | 186 | 1.01 | 15   | 4  | 56     | 5.07  | 1.46  | -3.61  | 大津    | 5.7 | 146   | 1,437 | 1,004 | 20.1 |
|     | 六津橋   | 荖濃溪支流 | 188 | 1.01 | 7.6  | 12 | 89     | 3.12  | 11.09 | 7.97   | 大津    | 2.8 | 146   | 1,437 | 1,004 | 20.1 |
|     | 達卡努娃橋 | 達卡努娃溪 | 650 | 1.16 | 20   | 9  | 183    | 15.39 | 12.95 | -2.44  | 民族    | 6.1 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 民生大橋  | 旗山溪   | 598 | 1.09 | 60   | 12 | 745    | 15.39 | 12.95 | -2.44  | 民族    | 5.7 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 自強橋   | 旗山溪支流 | 611 | 1.48 | 20   | 8  | 169    | 23.97 | 63.98 | 40.01  | 民族    | 2.7 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 月兒橋   | 旗山溪支流 | 576 | 1.01 | 12.5 | 12 | 153    | 8.92  | 9.11  | 0.19   | 民族    | 2.7 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 民族橋   | 旗山溪   | 561 | 1.07 | 30   | 13 | 385    | 8.25  | 3.62  | -4.63  | 民族    | 1.7 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 公園橋   | 都蘭那溪  | 550 | 1.21 | 10   | 3  | 26     | 14.94 | 17.04 | 2.10   | 民族    | 0.8 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 第十五號橋 | 那督魯薩溪 | 494 | 1.53 | 31   | 8  | 261    | 1.18  | 1.85  | 0.67   | 民族    | 1.1 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 第十四號橋 | 旗山溪   | 499 | 1.36 | 90   | 12 | 1,207  | 1.18  | 1.85  | 0.67   | 民族    | 1.4 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 第十二號橋 | 旗山溪支流 | 449 | 1.13 | 200  | 9  | 1,958  |       |       |        | 表湖    | 4.0 | 1,100 | 1,227 | 762   | 15.9 |
|     | 第十一號橋 | 旗山溪支流 | 442 | 1.09 | 20   | 11 | 217    | 1.65  | 1.75  | 0.10   | 民族    | 3.4 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 民治橋   | 旗山溪旁  | 429 | 1.64 | 15.6 | 20 | 314    | 1.65  | 1.75  | 0.10   | 民族    | 4.1 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 慈林橋   | 旗山溪旁  | 404 | 1.45 | 15   | 14 | 212    | 1.21  | 1.72  | 0.51   | 民族    | 4.9 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 第十號橋  | 旗山溪支流 | 380 | 1.40 | 30   | 10 | 313    | 18.62 | 8.17  | -10.45 | 民族    | 6.7 | 530   | -     | 1,462 | 30.0 |
|     | 第九號橋  | 旗山溪支流 | 369 | 1.20 | 10   | 8  | 83     | 4.54  | 10.39 | 5.85   | 高中    | 7.3 | 525   | 2,957 | -     | -    |
|     | 第八號橋  | 角埔溪   | 381 | 1.45 | 36   | 13 | 477    | 2.60  | 1.59  | -1.01  | 高中    | 7.2 | 525   | 2,957 | -     | -    |
|     | 楠梓仙溪橋 | 旗山溪   | 260 | 1.12 | 290  | 25 | 231    | 1.92  | 1.33  | -0.59  | 甲仙(2) | 1.9 | 350   | 2,076 | 1487  | 30.3 |
|     | 四德大橋  | 旗山溪   | 249 | 1.07 | 240  | 25 | 254    | 1.92  | 1.33  | -0.59  | 甲仙(2) | 1.0 | 350   | 2,076 | 1487  | 30.3 |
|     | 火山橋   | 無名溪   | 154 | 1.02 | 18   | -  | -      | 0.95  | 0.87  | -0.08  | 六龜(4) | 5.3 | 259   | 2,291 | 1578  | 31.9 |
|     | 旗尾橋   | 旗山溪   | 58  | 1.12 | 180  | 21 | 3,814  | 0.60  | 0.12  | -0.48  | 旗山    | 1.5 | 46    | 900   | 704   | 14.5 |
|     | 新旗尾橋  | 旗山溪   | 57  | 1.12 | 720  | 23 | 16,481 | 0.36  | 0.67  | 0.31   | 旗山    | 1.6 | 46    | 900   | 704   | 14.5 |

|     |      |     |     |             |      |   |     |      |      |      |       |      |     |     |       |      |
|-----|------|-----|-----|-------------|------|---|-----|------|------|------|-------|------|-----|-----|-------|------|
|     | 大洲大橋 | 旗山溪 | 32  | 1.24        | 160  | 3 | 501 | 0.08 | 0.09 | 0.01 | 旗山    | 4.3  | 46  | 900 | 704   | 14.5 |
| 濁口溪 | 大津橋  | 濁口溪 | 143 | <b>1.78</b> | 250  | 0 | 108 | 0.42 | 0.46 | 0.04 | 新豐    | 0.6  | 166 | -   | 1,158 | 24.0 |
| 高屏溪 | 雙園大橋 | 高屏溪 | 1   | 1.01        | 2083 | - | -   | -    | -    | -    | 屏東(5) | 17.8 | 19  | 987 | -     | -    |

表 5.2 為芎濃溪各損壞橋梁與災害關係表，主要為各損壞橋梁與高潛勢土石溪流、崩塌地與堰塞湖間的空間關係。本文依各橋梁所在河系說明如下：

### 一、芎濃溪沿線橋梁災損原因統計

觀察各橋是否鄰近於高潛勢土石溪流，其中僅武雄橋、禮觀橋、唯金溪橋、榮光一橋與三合橋等 5 座橋梁未鄰近於高土石潛勢溪流，其餘橋梁所在位置均需注意豪雨時土石流發展狀況。崩塌地發生地點鄰近於綠茂橋、寶來二橋、建山二橋、建山一橋、新發大橋、六龜大橋、三合橋、六龜四號橋、六龜三號橋與六津橋等 10 座橋梁。鄰近堰塞湖的橋梁包含榮光一橋、復興橋、青山橋、明德橋、勤和橋、寶來二橋、建山二橋與建山一橋等 8 座橋梁。

### 二、旗山溪沿線橋梁災損原因統計

達卡努娃橋、民生大橋、民族橋、公園橋、第十四號橋、第十五號橋、楠梓仙溪橋、四德大橋、旗尾橋與新旗尾橋等 10 座橋梁鄰近於高潛勢土石溪流。崩塌地發生地點鄰近於達卡努娃橋、民生大橋、第十二號橋、月兒橋、民族橋、第十號橋、第九號橋、第八號橋、楠梓仙溪橋、四德大橋與火山橋等 11 座橋梁。鄰近堰塞湖的橋梁包含第十號橋、第九號橋與第八號橋等 3 座橋梁。

### 三、隘寮北溪高屏溪橋梁災損原因統計

大津橋位於隘寮溪中游，致災原因主要為蜿蜒性影響，其蜿蜒度高達 1.78，鄰近於兩條高潛勢土石溪流(高縣 DF046、高縣 DF047)，且鄰近於兩處崩塌地(六龜 001 與茂林 001)，更鄰近於 4 號堰塞湖。雙園大橋位於高屏溪下游處，蜿蜒度僅有 1.01，為標準直線河道，並無鄰近於高潛勢土石溪流、崩塌地與堰塞湖，其主要的致災原因為過大洪水沖刷導致橋梁損毀。

表 5.2 各損壞橋梁與環境影響因子之位置關係表

| 河系  | 橋梁名稱    | 地質資料                                             | 土石流潛勢溪流                                                        | 土石災害                                      | 堰塞湖         |
|-----|---------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
| 荖濃溪 | 武雄橋     | 千枚岩、板岩、夾砂岩                                       | -                                                              | -                                         | -           |
|     | 禮觀橋     | 千枚岩、板岩、夾砂岩                                       | -                                                              | -                                         | -           |
|     | 唯金溪橋    | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF055、高縣 DF086                                              | -                                         | 0 號、7 號     |
|     | 榮光一橋    | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF055、高縣 DF086                                              | 桃源 002、桃源 007                             | 0 號、7 號     |
|     | 復興橋     | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF055、高縣 DF056、高縣 DF057、高縣 DF058、高縣 DF086                   | 桃源 002、桃源 007                             | 0 號、1 號、7 號 |
|     | 明德橋     | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF056、高縣 DF057、高縣 DF058、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF079          | -                                         | 1 號、7 號     |
|     | 勤和橋     | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF056、高縣 DF057、高縣 DF058、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF079          | -                                         | 1 號、7 號     |
|     | 東莊橋     | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF056、高縣 DF057、高縣 DF058、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF079          | -                                         | -           |
|     | 撒拉啊塢橋   | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF058、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF079                            | -                                         | -           |
|     | 桃源一橋    | 硬頁岩、千枚岩、板岩                                       | 高縣 DF058、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF079                            | -                                         | -           |
|     | 勝境橋     | 硬頁岩偶夾薄層砂岩                                        | 高縣 DF058、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF079                            | -                                         | -           |
|     | 萬年橋     | 砂頁岩互層                                            | 高縣 DF058、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF079                            | 六龜 008                                    | -           |
|     | 塔拉拉魯美溪橋 | 砂頁岩互層                                            | 高縣 DF044、高縣 DF059、高縣 DF060                                     | 六龜 008、六龜 011、六龜 014、桃源 001               | 2 號堰塞湖      |
|     | 炳才橋     | 階地堆積層                                            | 高縣 DF042、高縣 DF043、高縣 DF044、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF061          | 六龜 008、六龜 011、六龜 012、六龜 014、桃源 001        | 2 號堰塞湖      |
|     | 綠茂橋     | 砂頁岩互層                                            | 高縣 DF042、高縣 DF043、高縣 DF044、高縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF061、高縣 DF070 | 六龜 008、六龜 011、六龜 012、六龜 014、桃源 001        | 2 號堰塞湖      |
|     | 寶來二橋    | 上層主要為粗大卵礫石夾棕色、灰色砂偶夾岩塊；下層主要為灰黑色硬頁岩、多解理裂面、偶夾風化破碎岩塊 | 高縣 DF042、高縣 DF043、高縣 DF044、高縣 DF052、高縣 DF061、高縣 DF070          | 六龜 002、六龜 008、六龜 011、六龜 012、六龜 014、桃源 001 | 2 號堰塞湖      |

|     |       |                                                |                                                                                                                      |                                                                                            |        |
|-----|-------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|     | 建山二橋  | 階地堆積層(崩積層灰棕色岩塊層及灰色頁岩層)                         | 高縣 DF042、高縣 DF043、高縣 DF044、高縣 DF052、高縣 DF061、高縣 DF070、高縣 DF074、高縣 DF075                                              | 六龜 002、六龜 003、六龜 008、六龜 011、六龜 012、六龜 014、桃源 001                                           | 2 號堰塞湖 |
|     | 建山一橋  | 階地堆積層(崩積土大小岩塊與岩石夾破碎塊與砂土、灰頁岩偶夾棕色頁岩與破碎岩塊與砂土、灰頁岩) | 高縣 DF042、高縣 DF043、高縣 DF044、高縣 DF052、高縣 DF061、高縣 DF070、高縣 DF074、高縣 DF075                                              | 六龜 002、六龜 003、六龜 008、六龜 011、六龜 012、六龜 013、六龜 014、桃源 001、桃源 004                             | 2 號堰塞湖 |
|     | 新聞橋   |                                                | 高縣 DF042、高縣 DF043、高縣 DF051、高縣 DF052、高縣 DF070、高縣 DF074、高縣 DF075、高縣 DF076、高縣 DF077                                     | 六龜 002、六龜 003、六龜 008、六龜 009、六龜 010、六龜 011、六龜 012、六龜 013、六龜 014、六龜 016、桃源 001、桃源 003、桃源 004 | 2 號堰塞湖 |
|     | 新寶橋   |                                                | 高縣 DF051、高縣 DF052、高縣 DF073、高縣 DF074、高縣 DF075、高縣 DF076、高縣 DF077                                                       | 六龜 002、六龜 003、六龜 005、六龜 007、六龜 009、六龜 010、六龜 013、六龜 016、桃源 003                             | -      |
|     | 新發大橋  | 礫岩與砂岩及土、砂礫為主                                   | 高縣 DF051、高縣 DF052、高縣 DF073、高縣 DF074、高縣 DF075、高縣 DF076、高縣 DF077                                                       | 六龜 002、六龜 003、六龜 005、六龜 007、六龜 009、六龜 010、六龜 013、六龜 016、桃源 003                             | -      |
|     | 六龜大橋  | 卵礫石夾粗砂、灰色頁岩夾泥岩及風化砂岩、灰色頁岩                       | 高縣 DF045、高縣 DF049、高縣 DF050、高縣 DF051、高縣 DF052、高縣 DF071、高縣 DF073、高縣 DF077                                              | 六龜 004、六龜 006、六龜 015                                                                       | -      |
|     | 三合橋   | 礫石、砂、泥                                         | 高縣 DF045、高縣 DF047、高縣 DF048、高縣 DF049、高縣 DF050、高縣 DF071                                                                | 六龜 004、六龜 005、六龜 007、六龜 009、六龜 010、六龜 016                                                  | -      |
|     | 六龜四號橋 | 礫石、土、砂                                         | 高縣 DF045、高縣 DF047、高縣 DF048、高縣 DF049、高縣 DF050、高縣 DF071、高縣 DF078                                                       | 六龜 004、六龜 006、茂林 001                                                                       | -      |
|     | 六龜三號橋 | 礫石、土、砂                                         | 高縣 DF045、高縣 DF047、高縣 DF048、高縣 DF049、高縣 DF050、高縣 DF072、高縣 DF078                                                       | 六龜 001、六龜 004、六龜 006、茂林 001                                                                | -      |
|     | 六津橋   | 沖積層                                            | 高縣 DF045、高縣 DF047、高縣 DF048、高縣 DF049、高縣 DF050、高縣 DF072、高縣 DF078                                                       | 六龜 001、六龜 006、茂林 001                                                                       | 4 號堰塞湖 |
| 旗山溪 | 達卡努娃橋 | 砂、粉砂、泥及礫石                                      | 高縣 DF001、高縣 DF002、高縣 DF003、高縣 DF063、高縣 DF064、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF080、高縣 DF081、高縣 DF082、高縣 DF083                   | 那瑪夏 001、那瑪夏 002                                                                            | -      |
|     | 民生大橋  | 頁岩及頁岩夾薄層粉砂岩                                    | 高縣 DF001、高縣 DF002、高縣 DF003、高縣 DF063、高縣 DF064、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067、高縣 DF080、高縣 DF081、高縣 DF082、高縣 DF083          | 那瑪夏 001、那瑪夏 002                                                                            | -      |
|     | 自強橋   | 頁岩及頁岩夾薄層粉砂岩                                    | 高縣 DF001、高縣 DF002、高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF063、高縣 DF064、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067、高縣 DF080、高縣 DF081、高縣 DF082、高縣 DF083 | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004                                                            | -      |
|     | 月兒橋   | 頁岩間夾薄層粉砂岩                                      | 高縣 DF001、高縣 DF002、高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF063、高縣 DF064、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067、高縣 DF080、高縣 DF081、高縣 DF082、高縣 DF083 | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004                                                            | -      |
|     | 民族橋   | 頁岩間夾薄層粉砂岩                                      | 高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF063、高縣 DF064、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067、高縣 DF080、高縣 DF081、高縣 DF082、高縣 DF083                   | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004                                                            | -      |



|     |       |                          |                                                                                  |                                                                              |        |
|-----|-------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------|
|     | 公園橋   | 頁岩間夾薄層粉砂岩                | 高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF063、高縣 DF064、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067、高縣 DF083 | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004                                              | -      |
|     | 第十五號橋 | 厚層粉砂岩，及粉砂岩和砂岩厚互層         | 高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067                            | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004                                              | 3 號堰塞湖 |
|     | 第十四號橋 | 厚層粉砂岩，及粉砂岩和砂岩厚互層         | 高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067          | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004                                              | 3 號堰塞湖 |
|     | 第十二號橋 | 厚層粉砂岩，及粉砂岩和砂岩厚互層         | 高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067          | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004、甲仙 001                                       | 3 號堰塞湖 |
|     | 第十一號橋 | 砂頁岩互層                    | 高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007、高縣 DF065、高縣 DF066、高縣 DF067          | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004、甲仙 001                                       | 3 號堰塞湖 |
|     | 民治橋   | 砂頁岩互層                    | 高縣 DF003、高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007、高縣 DF065、高縣 DF067                   | 那瑪夏 001、那瑪夏 002、那瑪夏 003、那瑪夏 004、甲仙 001                                       | 3 號堰塞湖 |
|     | 慈林橋   | 砂頁岩互層                    | 高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007、高縣 DF067                                     | 那瑪夏 002、瑪夏 004、甲仙 001                                                        | 3 號堰塞湖 |
|     | 第十號橋  | 深灰色鹽水坑頁岩及帶有灰色細粒砂岩之糖恩山砂岩層 | 高縣 DF004、高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007                                              | 瑪夏 004、甲仙 001、甲仙 007、甲仙 008、甲仙 012                                           | 3 號堰塞湖 |
|     | 第九號橋  | 深灰色鹽水坑頁岩及帶有灰色細粒砂岩之糖恩山砂岩層 | 高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007、高縣 DF008、高縣 DF009                                     | 甲仙 001、甲仙 007、甲仙 008、甲仙 010、甲仙 012                                           | 3 號堰塞湖 |
|     | 第八號橋  | 深灰色鹽水坑頁岩及帶有灰色細粒砂岩之糖恩山砂岩層 | 高縣 DF005、高縣 DF006、高縣 DF007、高縣 DF008、高縣 DF009                                     | 甲仙 001、甲仙 007、甲仙 008、甲仙 010、甲仙 012                                           | 3 號堰塞湖 |
|     | 楠梓仙溪橋 | 泥、砂及礫石                   | 高縣 DF008、高縣 DF009、高縣 DF010、高縣 DF011、高縣 DF012、高縣 DF015、高縣 DF016、高縣 DF017、高縣 DF068 | 甲仙 002、甲仙 003、甲仙 004、甲仙 005、甲仙 006、甲仙 007、甲仙 008、甲仙 009、甲仙 010、甲仙 011、甲仙 012 | -      |
|     | 四德大橋  | 鹽水坑頁岩；黏土、粉砂、砂和礫石組成之沖積層   | 高縣 DF009、高縣 DF010、高縣 DF011、高縣 DF012、高縣 DF015、高縣 DF016、高縣 DF017、高縣 DF068          | 甲仙 002、甲仙 003、甲仙 004、甲仙 005、甲仙 006、甲仙 007、甲仙 008、甲仙 009、甲仙 010、甲仙 011、甲仙 012 | -      |
|     | 火山橋   | 礫、砂、黏土                   | 高縣 DF014、高縣 DF069                                                                | 甲仙 006、杉林 001、杉林 002                                                         | -      |
|     | 旗尾橋   | 粉土質礫石層、砂或礫石質砂層及砂頁岩互層組成   | 高縣 DF027、高縣 DF028、高縣 DF029、高縣 DF030、高縣 DF031、高縣 DF032、高縣 DF033                   | -                                                                            | -      |
|     | 新旗尾橋  | 粉土質礫石層、砂或礫石質砂層及砂頁岩互層組成   | 高縣 DF027、高縣 DF028、高縣 DF029、高縣 DF030、高縣 DF031、高縣 DF032、高縣 DF033                   | -                                                                            | -      |
|     | 大洲大橋  | 堆積階地或沖積層                 | -                                                                                | -                                                                            | -      |
| 濁口溪 | 多納橋   |                          | 高縣 DF047、高縣 DF053、高縣 DF054、高縣 DF072、高縣 DF078                                     | 六龜 001、六龜 006、茂林 001                                                         | 4 號堰塞湖 |
|     | 羅木斯橋  |                          | 高縣 DF047、高縣 DF053、高縣 DF054、高縣 DF072、高縣 DF078                                     | 六龜 001、茂林 001                                                                | 4 號堰塞湖 |
|     | 興農大橋  |                          | 高縣 DF047、高縣 DF053、高縣 DF054、高縣 DF072、高縣 DF078                                     | 六龜 001、茂林 001                                                                | 4 號堰塞湖 |
|     | 大津橋   | 礫岩與砂岩及土、砂礫為主             | 高縣 DF047、高縣 DF054、高縣 DF072、高縣 DF078                                              | 六龜 001、茂林 001                                                                | 4 號堰塞湖 |

|             |          |                   |                   |   |   |
|-------------|----------|-------------------|-------------------|---|---|
| 隘寮<br>北溪    | 第一號橋     |                   | 屏縣 DF001、屏縣 DF002 | - | - |
| 高<br>屏<br>溪 | 雙園<br>大橋 | 新生代河流沖積層，礫石、砂及泥為主 | -                 | - | - |

由表 5.1 至表 5.2 的 54 座災損橋梁中，位於高程 700 公尺以上橋梁僅有 4 座(佔 8 %)，介於高程 300 公尺至 700 公尺之間的橋梁有 32 座(60 %)，100 公尺至 300 公尺間的橋梁有 13 座(24 %)，100 公尺以下的橋梁僅有 4 座(8 %)。可見此處災損橋梁主要集中在高程 300 公尺至 700 公尺之間。由河道蜿蜒度顯示數值大於 1.3 的橋梁總數為 13 座(27 %)，低於 1.3 者，共有 31 座(63 %)，可見受損橋梁中約有三分之一的橋梁受到河道蜿蜒性的影響。荖濃溪上處於蜿蜒度較高的橋梁集中在高程 200 公尺至 400 公尺之間，而旗山溪處於蜿蜒度較高的橋梁約集中於高程 400 公尺至 500 公尺之間。

距離堰塞湖 5 公里以內的橋梁有 11 座(23 %)，荖濃溪上的主要集中於高程 600 公尺至 700 公尺之間和高程 400 公尺至 450 公尺之間；而旗山溪上鄰近於堰塞湖的橋梁主要集中在高程 350 公尺至 400 公尺之間。此次颱風造成的 10 座堰塞湖主要發生在高程 500 公尺以上的區域。距離高潛勢土石溪流 5 公里以內的橋梁約有 34 座(71 %)，荖濃溪的部份主要集中在高程 500 公尺至 700 之間，而旗山溪部分則主要集中在高程 400 公尺以下之橋梁。高潛勢土石溪流共計有約 19 條，其所在位置主要位於高程 250 公尺以上的區域。距離崩塌地 5 公里以內的橋梁約有 19 座(40 %)，荖濃溪的部分主要集中在高程 150 公尺至 250 公尺之間，旗山溪的部份主要集中於高程 550 公尺至 650 公尺之間。此次颱風造成的崩塌地共有 26 處，主要發生於高程 150 公尺至 600 公尺之間的區域，且當兩日累積雨量達 800 mm 或兩日平均降雨強度達 20 mm/hr 即可能發生崩塌。

圖 5.1 為莫拉克颱風內損壞橋梁位置高程與環境破壞因子之關聯分布圖。由圖中可發現損壞橋梁 92 % 在高程 700 公尺以下，再依高程分布可知，在 700 公尺到 300 公尺之間各損壞因子皆集中於此高程，共計損壞橋梁佔 60 %，300 公尺到 100 公尺佔 24 %，100 公尺以下佔 8 %。同時依前述各章節損壞橋梁之原因分析，大致損壞之因子可依高程 300 公尺和 100 公尺做為分界高程，可區分為三個破壞型態。高程 300 公尺以上河道受邊坡崩塌，土石流衝擊、堰塞湖、河道蜿蜒性等河性和強降雨等高複合性因素形成橋梁之通水面積不足衝

擊破壞，甚至被土石掩埋，河床大幅淤高之破壞型態。高程 300 公尺到 100 公尺之間，河道受高懸浮載衝擊，土石局部淤積，水流溢過橋梁，而非全斷面淤高，並形成流向改變局部沖刷之低複合型破壞。高程 100 公尺以下，河道斷面變寬河床抬高較小，橋梁受高懸浮載之衝擊及沖刷河床破壞等沖刷為主因之破壞型態。依莫拉克颱風造成高屏溪上游橋梁損壞之經驗，可提供未來山區橋梁在選址之重要參考依據，歸納如下：

1. 位於高程 300 公尺到 700 公尺之橋梁，對環境因素之敏感性較強應特別注意。
2. 降雨量如超過 40 mm/hr 時應注意崩塌土石流，甚至堰塞湖之形成。
3. 橋址選擇之河段，其河道蜿蜒度應低於 1.10 以下較佳。
4. 橋址河道斷面寬如低於 30 公尺處之橋梁應採長跨距之設計，最好不要在河道中落墩。
5. 橋址應避免在高潛勢土石流 3 公里以內，無法避免時應採防範規劃。
6. 高潛勢崩塌地 3 公里內避免橋址用地。
7. 堰塞湖高風險區 1 公里內避免建橋。
8. 同時具有崩塌地、土石流及堰塞湖形成之高風險區應避免選為橋址用地，如無法避免亦應有監測應變措施以免天然災害之發生。且將來在山區與丘陵的橋梁設計上，應加強河道對淤積之抵抗能力。

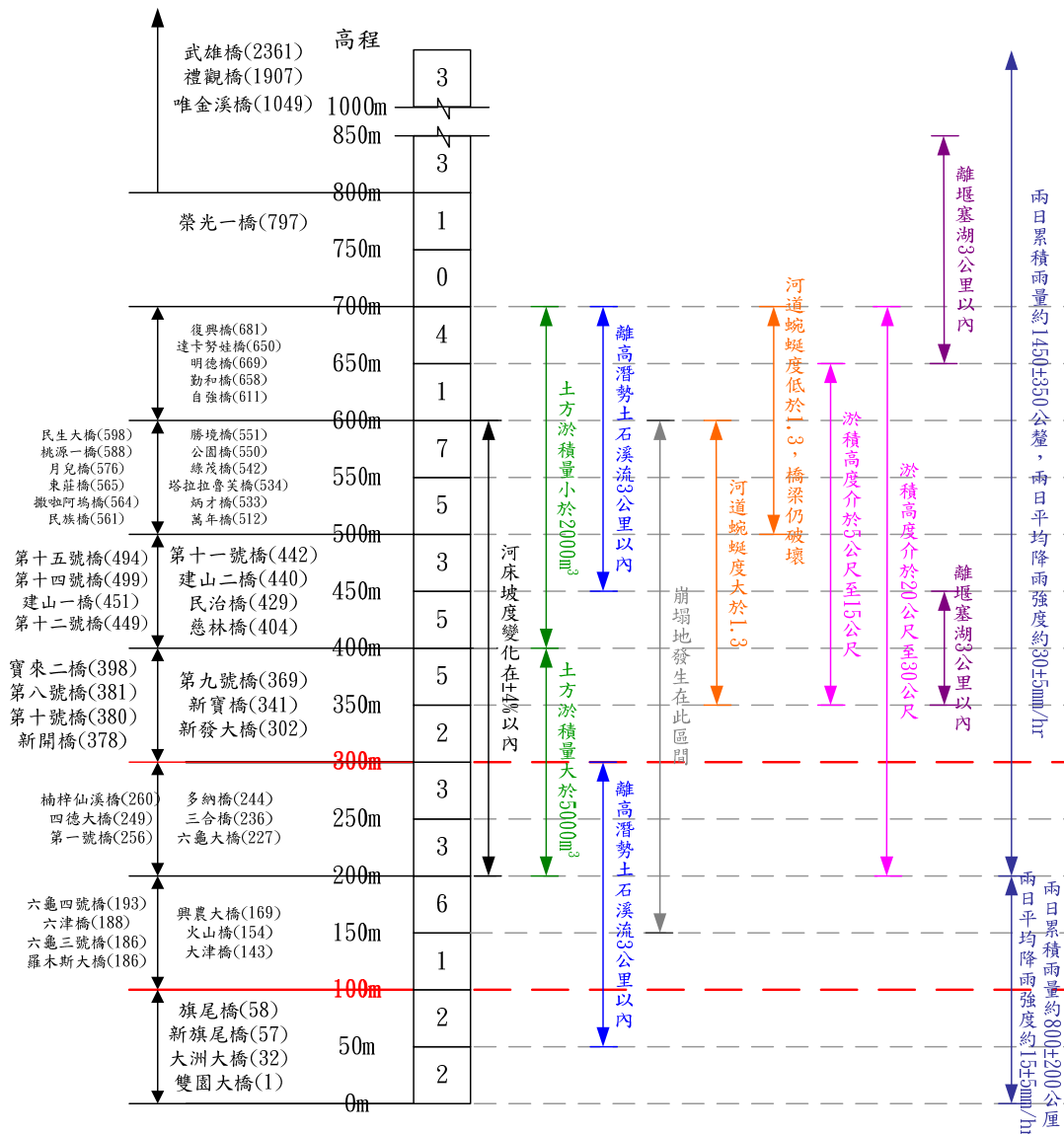


圖 5.1 各橋梁高程與災損原因分布圖

#### 四、未來研究課題

往昔探討橋梁安全主要以結構和材料安全為對象，即使跨河橋梁亦然。近年來氣候異常變遷導致河道地形地貌嚴重改變，致使跨河橋梁受河道的改變而產生嚴重破壞，莫拉克颱風即是明顯而具代表性之案例。為防範並預警未來在集中降雨後可能造成的橋梁損害，必須進一步探討研發橋河共治區之機制與預警系統。建議未來應再進一步研究之議題說明如下：



### 1. 土石流造成橋梁破壞的機制研究。

土石流對於橋梁，具有相當的破壞力，然而土石流在河道內運移、堆積、撞擊等對河道改變並引起橋梁破壞的機制，應進一步配合台灣河性和環境因子做探討研究，徹底了解橋河共存之土石流破壞機制並研提防治方案。土石流可能導致橋梁產生何種破壞，並無明顯機制可了解，因此建議可針對此機制進行相關研究。

### 2. 高耐磨損、耐衝擊混凝土材料之研發。

莫拉克颱風過後，造成許多土石淤積於高程 200 公尺以上的河道淤高，由於這些土方並無法於短期內以人為方式改變，需由河道運移而致達到穩定狀態，研判日後一旦再遇到颱風挾帶豪雨，可能會導致大量的土石隨著豪雨導致的洪流往下游運移，而這些土石可能於運送過程中，衝撞橋墩或河中構造物，造成混凝土構造物的破損，因此應盡速研發具有抵抗磨損及衝擊的高強度混凝土材料與修補復建方式。

### 3. 山區邊坡崩塌之降雨量與土壤孔隙水壓力相關性研究。

由於颱風帶來豪雨，大量雨水快速滲流入土壤中，導致土壤中孔隙水壓急速上升，土壤的有效應力下降，抵抗土壤滑動的強度不足，便可能導致邊坡崩塌。由降雨量直接推估孔隙水壓力進而預警邊坡崩塌，應是建立道路邊坡穩定的可行方式，但其機制應再研究確認。

### 4. 降雨量與崩塌地和堰塞湖關聯性之研究。

台灣水文、河域、地理等特性相當複雜，在河域中上游常因豪雨集中降雨而常導致河道因崩塌而形成阻斷河道之堰塞湖。如何由降雨量誘發崩塌地而形成堰塞湖，堰塞湖的潰堤對河中構造物之破壞與影響範圍，應有進一步研究以利防災預警與救災防治。

### 5. 土石流影響範圍及土石移運機制之研究。

土石流形成後，其可能影響導致的災害範圍，受到地形、地質、地上物等因素的影響，將有所不同，因此對於鄰近於土石流潛勢溪流多少距離內的橋梁須於豪雨時期進行警戒或封閉，應建立其相關預警

機制。

#### 6. 跨河橋梁安全預警系統之建立研究與應用。

跨河橋梁安全預警系統應從河系管理與橋河共存之機制下來建立。降雨的空間分佈特性(降雨量)及河川的水理特性(水位、流速、沖刷深度)，與橋梁(橋墩安全)之間具有相當的關聯性，因此如何有效的由降雨分佈、河川地形、水流特性來推估河道之水理特性和降雨流量之關聯特性，進而建立與橋梁結構之間的相關性，來推估颱風事件時橋梁的安全性，並提出預警機制，應為可行方式。但由於台灣河川流域與集水區之經營管理有差異，更應徹底理解河系水理特性方能有效預警。

## 第六章 結論

針對雨量、水位、堰塞湖、崩塌地、土石流、河道蜿蜒度與坡度等因素與橋梁高程間的相關性比對，可依災損原因分析得到以下幾點結論：

1. 造成橋梁損壞的環境因子可依高程 300 公尺和 100 公尺做為分界高程，可區分為三個類型。高程 300 公尺以上河道受邊坡崩塌，土石流衝擊、堰塞湖、河道蜿蜒性等河性和強降雨等高複合性因素形成橋梁之通水面積不足衝擊破壞，甚至被土石掩埋，河床大幅淤高之破壞型態。高程 300 公尺到 100 公尺之間，河道受高懸浮載衝擊，土石局部淤積，水流溢過橋梁，而非全斷面淤高，並形成流向改變局部沖刷之低複合型破壞。高程 100 公尺以下，河道斷面變寬河床抬高較小，橋梁受高懸浮載之衝擊及沖刷河床破壞等沖刷為主因之破壞型態。
2. 位於高程 300 公尺到 700 公尺之橋梁，對環境因素之敏感性較強應特別注意。降雨量如超過 40 mm/hr 時應注意崩塌土石流甚至堰塞湖之形成。橋址選擇之河段，其河道蜿蜒度應低於 1.10 以下。橋址河道斷面寬如低於 30 公尺處之橋梁應採長跨距之設計，避免在河道中落墩。橋址應避免在高潛勢土石流與高潛勢崩塌地 3 公里內及堰塞湖高風險區 1 公里內。同時具有崩塌地、土石流及堰塞湖形成之高風險區應避免選為橋址用地，如無法避免亦應有監測應變措施以免天然災害之發生。且將來在山區與丘陵的橋梁設計上，應加強河道對淤積之抵抗能力。
3. 經過莫拉克颱風的經驗，可獲知人類對於土石流、堰塞湖、崩塌地等環境因子的形成機制甚為陌生，因此建議針對以下各點進行後續研究，包含(a)土石流造成橋梁破壞的機制研究，如影響範圍及土石運移機制等；(b)高耐磨損、耐衝擊混凝土材料之研發；(c)降雨量與土壤孔隙水壓力、崩塌地、堰塞湖等相關

4. 降雨強度超過 40 mm/hr，累積雨量超過 800 mm 或降雨強度超過 20 mm/hr，累積雨量達 1400 mm 即有可能發生坡地不穩定，應注意土石流、崩塌或堰塞湖引起之災損。荖濃溪於莫拉克颱風後河道坡度變化較大，未來應特別注意中下游沖刷或高流速下高懸浮載對結構物之衝擊破壞。

## 參考文獻

1. 林秉賢，「橫向堆石群對溪流生態棲地流況之影響」，逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文，(2002)。
2. 王永珍，「蜿蜒河道之水理與地形因子對河川影響之研究」，水土保持學報，第 35 期，第 3 卷，第 291 頁-第 308 頁，(2003)。
3. 王傳益，(2003)，「蜿蜒河道橫向構造物配置之研究」，水土保持學報，第 35 期，第 4 卷，第 363 頁-第 378 頁。
4. 楊朝平，(2005)，「河防構造物易破損處與河道蜿蜒之關係」，水域與生態工程研討會，第 154 頁。
5. 林呈，(2005)，「河川橋梁之橋墩(台)沖刷保護工法之研究—第一冊」，第 5-2 頁~第 5-37 頁。
6. 經濟部水利署，「高屏溪水系旗山溪上游段治理基本計畫」，(2007)。
7. 經濟部水利署，「高屏溪水系荖濃溪上游段治理規劃報告」，(2007)。
8. 陳俞旭，「地震對崩塌與土石流發生影響之研究」，成功大學博士論文，(2008)。
9. 經濟部水利署，「97 年台灣水文年報」，(2008)。
10. 經濟部水利署，「旗山溪月眉大橋現勘計畫說明」，(2009)。
11. 經濟部水利署，「高屏河流域整治綱要檢討計畫(93~103 年)治理規劃」，(2009)。
12. 經濟部水利署，「莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析」，(2009)。
13. 陳樹群、許中立，「莫拉克颱風中形成之堰塞湖及危險度評估」，地工技術第 122 期，第 77 頁~第 86 頁，(2009)。



14. U.S. Department Of Transportation Federal Highway Administration Stream Stabillity at Highway Structures Third Edition(2009).
15. 廖慶隆，「2009 莫拉克颱風八八水災橋梁勘災紀實」，財團法人中華顧問工程司，(2009)。
16. 李維峰，「莫拉克風災受損橋梁統計及致災原因初步分析」，交通部公路總局，(2009)。
17. 蔡清標，林呈，「莫拉克颱風造成主要橋梁損壞之現地調查及災因分析」，交通部運研所，(2010)。
18. 經濟部水利署全球資訊網，<http://www.wra.gov.tw/>。
19. 行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網，<http://246.swcb.gov.tw/default-1.asp>。
20. 財團法人中興土木科技發展文教基金會，跨河橋梁河床沖刷變化歷史資料冊建置及其相關維護管理研究期末報告，中華民國 100 年 4 月，