107- 039 - 6192
MOTC-IOT-105-TBB005

氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 107 年 5 月

107- 039 - 6192
MOTC-IOT-105-TBB005

氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫

著者：胡以琴、周諺鴻、林恩德、張瓊文、
朱珮芸、陳怡妃、蕭為元、李仕勤

交通部運輸研究所

中華民國 107 年 5 月

交通部運輸研究所

ISBN 978-986-05-5796-1

9 789860 557961

GPN：1010700507

定價 370元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫 / 胡以琴等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民107.05
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-5796-1(平裝)

1.交通管理 2.運輸系統 3.風險管理

557 107006483

氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫

著　　者：胡以琴、周諺鴻、林恩德、張瓊文、朱珮芸、陳怡妃、蕭為元、李仕勤
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞數位典藏＞本所出版品)
電　　話：(02)23496789
出版年月：中華民國 107 年 5 月
印 刷 者：九茹印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價： 370 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 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN： 1010700507　　ISBN：978-986-05-5796-1　　(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分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-05-5796-1(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010700507</td><td>運輸研究所出版品編號
107-039-6192</td><td>計畫編號
105-TBB005</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：綜合技術組
主管：曾佩如
計畫主持人：張瓊文(前任主管)
研究人員：朱珮芸、陳怡妃、蕭為元、李仕勤
聯絡電話：(02)23496878
傳真號碼：(02)27120223</td><td colspan="2">合作研究單位：鼎漢國際工程顧問股份有限公司
計畫主持人：胡以琴
研究人員：周諺鴻、謝奇良、林恩德、孫慧真
地址：110 臺北市信義區松山路 130 號 5 樓
聯絡電話：(02)27488822</td><td>研究期間
自 105 年 3 月
至 105 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：氣候變遷；風險地圖；調適；資訊平台；重大鐵公路</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：

本(105)年度延續前期所建立評估機制，強化風險評估指標，主要研究成果包括：
(1)透過機關訪談、設施資訊檢視、風險地圖說明，蒐集使用需求，並據此調整評估指標，主要為新增設施型式(平面、高架或隧道)設施年期、未來年產值、預警應變作為，並特別針對淹水危害度部分，依實際情形考量不同鐵公路設施型式在不同淹水深度下之影響，調整危害度分級；
(2)依據檢討後之評估指標產製新的鐵公路風險地圖，並以歷史災點比對，其中淹水80%、坡災76%符合危害度中以上路段，另彙整風險中高以上路段，提供設施機關參考，各系統氣候變遷200年情境下風險路段占整體路段比例，淹水(省道17.8%、快速道路27.0%、臺鐵15.4%、國道4.6%、高鐵2.1%)、坡災(省道27.4%、快速道路0.6%、臺鐵5.9%、國道3.0%、高鐵3.9%)；
(3)擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台，新增指標自選權重、指標數值修改功能，及更新風險地圖資訊。</td></tr>
<tr><td colspan="4"><table>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>107 年 5 月</td><td>312</td><td>370</td><td>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。</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td colspan="4">機密等級：
☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密
（解密條件：☐ 年 月 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，
☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密）
■普通</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

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

TITLE: Climate Change Risk Assessment on Transport Infrastructure and Advanced Risk Information Service Project			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-05-5796-1 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010700507	IOT SERIAL NUMBER 107-039-6192	PROJECT NUMBER 105-TBB005

DIVISION:Interdisciplinary Research Division
DIVISION DIRECTOR: Pei-Ju Teng
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiung-Wen Chang(former director)
PROJECT STAFF: Pei-Yun Chu, Yi-Fei Chen, Wei-yuan Hsiao
PHONE:886-2-2349-6878
FAX:886-2-2712-0223

PROJECT PERIOD
FROM March 2016
TO December 2016

RESEARCH AGENCY: THI Consultants lnc.
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yi-Chin Hu
PROJECT STAFF: Yen-Hung Chou, Chi-Liang Hsieh, En-Te Lin, Hui-Zhen Sun
ADDRESS: 5F, No. 130, Sung-Shan Road, Taipei, Taiwan, R.O.C.
PHONE: 886-2-27488822

KEY WORDS: climate change；risk map；adaptation；information platform；major railway and highway

ABSTRACT:

The purpose of this annual (2016) plan is to expand upon the results of the prophase study, to establish the assessment mechanism and strengthen the risk assessment indicators. The achievements of this plan are as follows:

(a) Adjust indices on risk assessment through interviews with primary management units, understanding data inventory, and introducing climate change risk map. By addingfactors such as mileage GPS, structure (such as tunnel, girder, cut&fill, grounds), life years, future output values, adaptive strategy, and flooding depth, the risk assessment matrix and the harm (flooding) index were adjusted.

(b) Produce a new risk map with adjusted indicators and compare with historical disaster points: roads with 80% flooding and 76% or more slope hazards are defined at medium harm level; amongst the 200-year climate change projections of road hazards, 17.8% of provincial highways, 27.0% of expressways, 15.4% of railways, 4.6% of freeways and 2.1% high-speed rails have risks of flooding; 27.4% of provincial highways, 0.6% of expressways, 5.9% of railways, 3.0% of freeways and 3.9% of high speed rail have risks of slope hazards .

(c) Enhance platform functionality by expanding the index weight, adding functions to revise index value settings, and updating information of the risk map.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
May 2018	312	370	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目　錄

第一章 緒論 1-1
1.1 計畫背景 1-1
1.2 計畫目的 1-2
1.3 計畫工作內容 1-2
1.3.1 本計畫工作內容 1-2
1.3.2 前期(104 年)工作項目 1-3
1.4 計畫範圍與對象 1-5
1.5 計畫流程 1-5
第二章 文獻回顧 2-1
2.1 國內外鐵公路氣候變遷風險評估方法與指標 2-1
2.1.1 國內 2-1
2.1.2 國外 2-7
2.2 國外氣候變遷鐵公路調適措施及案例 2-15
2.2.1 美國 2-15
2.2.2 歐洲 2-31
2.2.3 日本 2-44
2.2.4 國際案例之綜合檢討與借鏡 2-48
2.3 國內外氣候變遷調適資訊平台 2-54
2.3.1 國內氣候變遷調適資訊平台 2-54
2.3.2 國外氣候變遷調適資訊平台 2-61
2.3.3 小結 2-69
第三章 強化風險評估方法與指標 3-1
3.1 強化方法與指標流程 3-2
3.2 鐵公路主管機關需求與資料訪談 3-3
3.2.1 訪談各機關掌握資料 3-3
3.2.2 各機關資料可回饋納入指標應用 3-5

3.3 氣候變遷情境設定 3-7
3.3.1 氣候變遷年期選定 3-7
3.3.2 氣候變遷情境設定 3-10
3.4 風險評估方法與指標強化 3-12
3.4.1 前期評估方法檢討 3-12
3.4.2 評估方法強化 3-18
3.4.3 風險評估指標精進 3-20
3.4.4 小結 3-30

第四章 鐵公路風險地圖產製 4-1
4.1 風險地圖處理流程 4-1
4.1.1 路網圖 4-1
4.1.2 危害度地圖 4-6
4.1.3 脆弱度地圖 4-8
4.1.4 風險地圖 4-12
4.2 風險地圖 4-14
4.2.1 危害度地圖 4-14
4.2.2 脆弱度地圖 4-24
4.2.3 風險地圖 4-35
4.3 風險地圖驗證 4-64
4.3.1 現況驗證 4-64
4.3.2 歷史災點驗證 4-69

第五章 擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台 5-1
5.1 平台功能與架構 5-1
5.1.1 平台功能 5-1
5.1.2 資料庫架構 5-9
5.2 平台功能擴充 5-26
5.2.1 使用者自選評估指標權重 5-26
5.2.2 評估指標資料數值修改功能 5-29
5.3 系統維運 5-34
5.4 系統檢測 5-39
5.4.1 系統效率檢測與安全機制 5-39
5.4.2 系統效率檢測與資安機制 5-44

第六章 教育訓練與成果發表 6-1
6.1 教育訓練 6-1
6.2 成果發表 6-1
6.2.1 CO P21 報導文章 6-2
6.2.2 調適策略文章 6-15
6.2.3 氣候變遷情況下鋼軌挫屈之原因預防與因應 6-25
6.2.4 氣候變遷下歐盟調適策略 6-34

第七章 結論與建議 7-1
7.1 結論 7-1
7.2 建議 7-10

參考文獻

附錄(詳光碟附檔)
附錄 1 風險熱點評估結果
附錄 2 審查意見辦理情形
附錄 3 工作會議紀錄
附錄 4 訪談紀錄
附錄 5 計畫推廣辦理情形
附錄 6 風險地圖
附錄 7 計畫摘要

表 目 錄

表 2.1-1　鐵路邊坡易致災潛勢分級 2-6
表 2.1-2　脆弱度矩陣(評估模式中投資排名) 2-9
表 2.1-3　聯合國開發計畫署（UNDP）脆弱度評估步驟 2-11
表 2.1-4 QOL　評價要素與指標 2-12
表 2.2-1　鐵公路設施或建設計畫重要性篩選指標 2-19
表 2.2-2　墨西哥灣研究基本氣候情境 2-19
表 2.2-3　墨西哥灣指標與量度方式 2-20
表 2.2-4　墨西哥灣研究工程評估步驟 2-21
表 2.2-5　紐約州風險評估中社經濟與環境指標 2-24
表 2.2-6　加州脆弱度評估中之設施重要性指標 2-27
表 2.2-7　加州運輸設施調適方案 2-28
表 2.2-8　加州研究調適方案評估因子與權重 2-30
表 2.2-9　歐盟的調適策略－運輸與土地空間規劃部門 2-35
表 2.2-10　歐盟的調適策略－設施技術與管理部門 2-36
表 2.2-11　歐盟的調適策略－運輸服務作業部門 2-37
表 2.2-12　歐盟的調適策略－車輛通訊技術部門 2-38
表 2.2-13　歐盟採用之調適策略評估準則 2-38
表 2.2-14　安全性評分表 2-42
表 2.2-15　直接財務損失評分表 2-42
表 2.2-16 Quicksca n 法採用之發生機率評分表 2-42
表 2.2-17 Quicksca n 法採用之策略分類 2-44
表 2.2-18　因應不同氣候變遷類型之調適策略 2-49
表 2.3-1　國內氣候變遷調適平台一覽表 2-54
表 2.3-2　國外氣候變遷調適平台一覽表 2-61
表 3.2-1　風險評估指標佐證資料彙整 3-6
表 3.4-1　危害度等級 3-13
表 3.4-2　日交通量、乘客數等級界定 3-14
表 3.4-3　替代道路數等級界定 3-17
表 3.4-4　產值分級分布 3-22

表 3.4-5　產值分級 3-22
表 3.4-6　交通量分級 3-23
表 3.4-7　鐵路修建養護規則修訂內容排水相關摘錄 3-24
表 3.4-8　淹水-設施安全分級 3-25
表 3.4-9　坡災-設施安全分級 3-25
表 3.4-10　替代道路數分級 3-27
表 3.4-11　預警應變作為分級 3-30
表 3.4-12　評估方法調整 3-31
表 3.4-13　評估指標調整 3-32
表 4.1-1　基礎路網圖資來源 4-1
表 4.1-2　各運輸系統分析單元 4-2
表 4.1-3　道路結構元件填入優先序 4-3
表 4.1-4　鐵路類型填入優先序 4-5
表 4.1-5　危害度圖資來源 4-6
表 4.1-6　脆弱度數化圖資來源 4-8
表 4.2-1　國道淹水危害度(情境 6)中高以上路段 4-14
表 4.2-2　國道坡災危害度(情境 6)中高以上路段長 4-15
表 4.2-3　快速公路淹水危害度(情境 6)中高以上路段長 4-16
表 4.2-4　快速公路坡災危害度(情境 6)中高以上路段 4-16
表 4.2-5　省道淹水危害度(情境 6)中高以上路段 4-18
表 4.2-6　省道坡災危害度(情境 6)中高以上路段 4-19
表 4.2-7　臺鐵淹水危害度(情境 6)中高以上路段 4-21
表 4.2-8　臺鐵淹水危害度(情境 6)中高以上車站數 4-21
表 4.2-9　臺鐵坡災危害度(情境 6)中高以上車站數 4-22
表 4.2-10　臺鐵坡災危害度(情境 6)中高以上路段長 4-22
表 4.2-11　高鐵危害度(情境 6)中高以上路段數 4-24
表 4.2-12　國道現況年淹水脆弱度中高以上路段 4-25
表 4.2-13　國道現況年坡災脆弱度中高以上路段 4-25
表 4.2-14　快速公路現況年淹水脆弱度中高以上路段 4-27
表 4.2-15　快速公路現況年坡災脆弱度中高以上路段 4-27

表 4.2-16　省道現況年淹水脆弱度中高以上路段 4-28
表 4.2-17　省道現況年坡災脆弱度中高以上路段 4-30
表 4.2-18　臺鐵現況年淹水脆弱度中高以上路段 4-32
表 4.2-19　臺鐵現況年淹水脆弱度中高以上車站數 4-32
表 4.2-20　臺鐵現況年坡災脆弱度中高以上路段 4-32
表 4.2-21　臺鐵現況年坡災脆弱度中高以上車站數 4-33
表 4.2-22　高鐵現況年坡災脆弱度中高以上路段 4-34
表 4.2-23　國道淹水風險(情境 1)中高以上路段 4-35
表 4.2-24　國道淹水風險(情境 6)新增中高以上路段 4-36
表 4.2-25　國道坡災風險(情境 1)中高以上路段 4-38
表 4.2-26　國道坡災風險(情境 6)新增中高以上路段 4-38
表 4.2-27　快速公路淹水風險(情境 1)中高以上路段 4-40
表 4.2-28　快速公路淹水風險(情境 6)新增中高以上路段 4-40
表 4.2-29　快速公路坡災風險(情境 1)中高以上路段 4-42
表 4.2-30　快速公路坡災風險(情境 6)新增中高以上路段 4-42
表 4.2-31　省道淹水風險(情境 1)中高以上路段 4-44
表 4.2-32　省道淹水風險(情境 6)新增中高以上路段 4-46
表 4.2-33　省道坡災風險(情境 1)中高以上路段 4-51
表 4.2-34　省道坡災風險(情境 6)新增中高以上路段 4-52
表 4.2-35　臺鐵淹水風險(情境 1)中高以上路段 4-55
表 4.2-36　臺鐵淹水風險(情境 1)中高以上車站 4-56
表 4.2-37　臺鐵淹水風險(情境 6)新增中高以上路段 4-56
表 4.2-38　臺鐵淹水風險(情境 6)新增中高以上車站 4-57
表 4.2-39　臺鐵坡災風險(情境 1)中高以上路段 4-59
表 4.2-40　臺鐵坡災風險(情境 6)新增中高以上路段 4-59
表 4.2-41　臺鐵坡災風險(情境 1)中高以上車站 4-59
表 4.2-42　高鐵淹水風險(情境 6)中高以上路段 4-61
表 4.2-43　高鐵淹水風險(情境 1)中高以上車站 4-61
表 4.2-44　高鐵坡災風險(情境 1)中高以上路段 4-63
表 4.2-45　高鐵坡災風險(情境 6)新增中高以上路段 4-63

表 4.3-1　省道台 9 線南澳東澳 123K~124K 風險分析表 4-65
表 4.3-2　臺鐵南迴線太麻里路段風險分析表 4-67
表 4.3-3　省道坡災歷史災點與危害度分析 4-69
表 4.3-4　省道歷史淹水災點與危害度分析 4-71
表 5.1-1　社經資料庫項目與處理方法 5-12
表 5.1-2　交通資料庫項目與處理方法 5-13
表 5.1-3　環境資料庫項目與處理方法 5-15
表 5.1-4　圖形資料庫項目與處理方法 5-16
表 5.1-5　建設計畫資料庫項目與處理方法 5-20
表 5.1-6　調適分析資料庫項目與處理方法 5-21
表 5.1-7　調適策略資料庫項目與處理方法 5-22
表 5.1-8　工具知識庫項目與處理方法 5-25
表 5.2-1　自選權重選項組合 5-28
表 5.2-2　產值選項表 5-32
表 5.2-3　交通量選項表(鐵路) 5-32
表 5.2-4　交通量選項表(公路) 5-32
表 5.2-5　設施安全選項表 5-32
表 5.2-6　替代道路數選項表 5-33
表 5.2-7　修改記錄表 5-33
表 5.3-1　相關連結調整對照表 5-39
表 5.4-1　系統效率檢測清單 5-40
表 5.4-2 paros　檢測結果 5-41
表 5.4-3 jm　eter 平台各模組壓力測試結果 5-42
表 5.4-4 jm　eter 平台整體壓力測試結果 5-43
表 5.4-5　系統備援方案 5-46
表 6.2-1　成果發表 6-1
表 6.2-2 INDC　中有運輸調適策略的國家與內容 6-4
表 6.2-3　開發銀行的調適計畫 6-6
表 6.2-4　衝擊可能性評分 6-9
表 6.2-5　風險分數矩陣 6-10

表 6.2-6　公路設施面對不同威脅的因應策略 6-11
表 6.2-7　公路設施因應策略案例 6-13
表 6.2-8　脆弱度矩陣(評估模式中投資排名) 6-20
表 6.2-9　各鐵路公司使用之軌溫預測公式 6-27
表 6.2-10　英國之門檻軌溫(CRT) 6-29
表 6.2-11　各大鐵路公司為預防挫屈檢視項目 6-32
表 6.2-12　各鐵路公司轄區採用之氣溫與軌溫門檻值與速限 6-33
表 6.2-13　調適策略部門與措施議題 6-37
表 6.2-14　歐盟的調適策略－運輸與土地空間規劃部門 6-38
表 6.2-15　歐盟的調適策略－設施技術與管理部門 6-38
表 6.2-16　歐盟的調適策略－運輸服務作業部門 6-40
表 6.2-17　歐盟的調適策略－車輛通訊技術部門 6-41
表 6.2-18　歐盟採用之調適策略評估準則 6-41
表 6.2-19　歐盟 RIMAROCC 關鍵步驟與子步驟 6-42
表 7.1-1　成果發表 7-10
表 7.2-1　資料建議更新週期 7-11

圖 目 錄

圖 1.4.1　計畫範圍與資訊服務對象 1-5
圖 1.5.1　計畫辦理流程 1-6
圖 2.1.1　102　年度建置之交通設施脆弱度評估關係圖 2-2
圖 2.1.2　鐵公路建設的中斷風險評估 2-3
圖 2.1.3　氣候變遷調適評估展示系統(左)和資訊平台(右) 2-5
圖 2.1.4　災害潛勢風險矩陣評估示意圖(以 Level Ⅲ為例) 2-6
圖 2.1.5　山崩潛感分析流程 2-6
圖 2.1.6　一般維生基礎設施調適架構及運輸維生基礎設施調適架構 2-7
圖 2.1.7　簡單型(上)/複雜型(中)/多面向(下)風險矩陣 2-8
圖 2.1.8　「英國氣候變遷風險評估報告」的風險評估方法 2-14
圖 2.2.1　墨西哥灣研究脆弱度評估篩選流程..... 2-17
圖 2.2.2　美國 FHWA「氣候變遷與極端氣候脆弱度評估架構」 2-17
圖 2.2.3　美國聯邦公路總署(FHWA)採用之脆弱度及風險評估矩陣 2-18
圖 2.2.4　紐約州風險評估決策樹 2-24
圖 2.2.5　加州脆弱度評估流程 2-26
圖 2.2.6　加州脆弱度評估之影響度指標 2-27
圖 2.2.7　加州脆弱度熱點圖 2-28
圖 2.2.8　加州研究調適方放評估流程. 2-29
圖 2.2.9　歐盟 WEATHER 計畫風險評估架構 2-31
圖 2.2.10　歐盟 WEATHER 計畫風險成本分析 2-33
圖 2.2.11 ROA DAPT 風險評估概念 2-39
圖 2.2.12 QuickScan 流程圖 2-40
圖 2.2.13　風險來源與脆弱度表格 2-41
圖 2.2.14　半量化風險評估衡量表 2-41
圖 2.2.15 QuickScan 風險評估案例 2-43
圖 2.2.16　日本國土交通省之淹水災害風險評估與策略 2-45
圖 2.3.1　平台之溫度推估時間比較模擬圖 2-55
圖 2.3.2　調適平台之數據資料下載提供 2-56

圖 2.3.3　環境通訊網之社區參與活動資訊 2-57
圖 2.3.4　學習平台之課程與公告 2-57
圖 2.3.5 Safe　Taiwan 之 Google Earth 模擬圖資 2-59
圖 2.3.6　綠帶與藍帶網格之氣候變遷調適計畫 2-64
圖 2.3.7　荷蘭空間適應計畫所提供之相關工具 2-65
圖 2.3.8　氣候變遷對於美國各區位之相關影響研究 2-66
圖 3.1.1　風險評估指標檢討強化流程 3-2
圖 3.3.2 AR5　與 AR4 情境下未來全球溫度上升推估結果比較 3-9
圖 3.3.3　氣候變遷影響下各區降雨總量變化..... 3-10
圖 3.4.1　鐵公路氣候變遷風險評估方法風險矩陣 3-12
圖 3.4.2　風險評估流程與風險矩陣 3-19
圖 3.4.3　軌道結構圖 3-20
圖 3.4.4　淹水危害度分級 3-21
圖 3.4.5　坡災危害度分級 3-21
圖 4.1.1　評估指標圖資處理流程 4-1
圖 4.1.2　國道路線與里程點 4-2
圖 4.1.3 Snap　工具處理前後示意圖 4-3
圖 4.1.4　快速公路路網 4-4
圖 4.1.5　臺鐵里程點與路網 4-5
圖 4.1.6　省道危害度(情境 6)地圖 4-7
圖 4.1.7　產值圖資處理 4-9
圖 4.1.8　省道路網與交通量觀測點分布圖 4-10
圖 4.1.9　風險地圖自動化產製流程圖 4-13
圖 4.2.1　國道危害度(情境 6)地圖 4-15
圖 4.2.2　快速公路危害度(情境 6)地圖 4-17
圖 4.2.3　省道危害度(情境 6)地圖 4-20
圖 4.2.4　臺鐵危害度(情境 6)地圖 4-22
圖 4.2.5　高鐵危害度(情境 6)地圖 4-23
圖 4.2.6　國道現況年脆弱度地圖 4-26
圖 4.2.7　快速公路現況年脆弱度地圖 4-27

圖 4.2.8　省道現況年脆弱度地圖 4-31
圖 4.2.9　臺鐵現況年脆弱度地圖 4-33
圖 4.2.10　高鐵現況年脆弱度地圖 4-34
圖 4.2.11　國道淹水風險地圖 4-37
圖 4.2.12　國道坡災風險地圖 4-39
圖 4.2.13　快速公路淹水風險地圖 4-41
圖 4.2.14　快速公路坡災風險地圖 4-43
圖 4.2.15　省道淹水風險地圖 4-50
圖 4.2.16　省道坡災風險地圖 4-54
圖 4.2.17　臺鐵淹水風險地圖 4-58
圖 4.2.18　臺鐵坡災風險地圖 4-60
圖 4.2.19　高鐵淹水風險地圖 4-61
圖 4.2.20　高鐵坡災風險地圖 4-62
圖 4.2.21　臺鐵自選權重風險地圖 4-64
圖 4.3.1　省道台 9 線南澳東澳 123K~124K 路段情境 3 坡災風險地圖 .4-66
圖 4.3.2　省道台 9 線南澳東澳 123K~124K 路段邊坡分級 4-66
圖 4.3.3　臺鐵南迴線太麻里路段情境 3 坡災風險地圖 4-68
圖 4.3.4　省道 99 至 105 年省道坡災歷史災點 4-70
圖 4.3.5　省道 97 至 104 年歷史淹水災點範圍 4-72
圖 5.1.1　氣候變遷調適資訊平台功能 5-1
圖 5.1.2　「首頁」功能 5-2
圖 5.1.3　「調適知識庫」功能 5-3
圖 5.1.4　「風險評估專區」功能 5-4
圖 5.1.5　「風險評估專區-成果查詢」功能 5-5
圖 5.1.6　「GIS 查詢」功能 1 5-6
圖 5.1.7　「GIS 查詢」功能 2 5-6
圖 5.1.8　「GIS 查詢」功能 3 5-7
圖 5.1.9　「規範與工具-資訊發布規範」功能 5-7
圖 5.1.10　「規範與工具-調適支援工具」功能 5-8
圖 5.1.11　「相關連結」功能 5-8

圖 5.1.12　調適資訊平台之面向、功能、資料庫關聯 5-9
圖 5.1.13　資料庫應用 5-10
圖 5.2.1　「新增自訂權重選項」與「自訂權重選單」功能 5-27
圖 5.2.2　「圖資屬性查詢」功能 5-27
圖 5.2.3　「新增指標修改圖示」介面示意圖 5-29
圖 5.2.4　「指標修改填寫」介面示意圖 5-30
圖 5.2.5　「指標修改記錄」介面示意圖 5-30
圖 5.3.1　系統登入 5-34
圖 5.3.2　平台 RSS 介接顯示 5-35
圖 5.3.3　圖台版面調整說明 5-35
圖 5.3.4　圖台版面調整成果 5-36
圖 5.3.5　圖台展示顏色調整前 5-37
圖 5.3.6　圖台展示顏色調整後成果 5-37
圖 5.3.7　圖台展示線形調整前後成果 5-38
圖 5.3.8　RSS　與頁尾更新日期時間格式調整 5-38
圖 5.3.9　檔案上傳時間格式調整 5-38
圖 5.4.1　系統效率檢測畫面 5-40
圖 5.4.2　資安檢測畫面 5-42
圖 5.4.3　系統效率檢測畫面 5-43
圖 5.4.4　硬碟掃描畫面 5-44
圖 5.4.5　自動監測服務畫面 5-45
圖 5.4.6　異常通知畫面 5-45
圖 6.2.1　運輸部門 INDC 減排措施的具體項目分類 6-4
圖 6.2.2　INDC　中的運輸部門調適策略比例 6-4
圖 6.2.3　美國州際公路運輸協會風險管理程序指南 6-8
圖 6.2.4　公路資產的設計年限 6-9
圖 6.2.5　公路資產的調適優先排序 6-11
圖 6.2.6　美國加州和洛杉磯地區空間數據分析網格圖 6-20
圖 6.2.7　氣候變遷下各投資優先次序與人口普查單位數量圖 6-22
圖 6.2.8　整合後的加州地區脆弱度地圖 6-22

圖 6.2.9　整合後洛杉磯地區脆弱度成果地圖..... 6-23
圖 6.2.10　鋼軌挫屈 6-25
圖 6.2.11　軌道挫屈形成原因 6-26
圖 6.2.12　氣溫與軌溫 6-28
圖 6.2.13　軌道曲直或走向對於軌溫影響 6-29
圖 6.2.14　歐盟 WEATHER 計畫研究成果工作報告關聯性 6-36
圖 6.2.15　歐盟 WEATHER 計畫風險評估架構 6-36
圖 6.2.16　歐盟 RIMAROCC 關鍵七步驟 6-42
圖 6.2.17　歐盟 ROADAPT 之快速掃視架構與流程 6-43
圖 6.2.18　運輸部門之各種風險尺度氣候資料參數 6-45
圖 6.2.19　氣候事件半量化風險評估關聯概念..... 6-45
圖 6.2.20 GIS 輔助道路脆弱度評估 6-46

第一章 緒論

1.1 計畫背景

對於氣候劇變所造成之災害，國內鐵公路主管機關莫不致力於防災緊急應變作為；尤其公路系統已建立一套完善預警管理機制，對於降低生命財產損失有相當成效。惟對於氣候變遷長期調適課題，仍須掌握運輸設施抗防災能力(設施調適能力)條件，設施受影響之社經程度(潛在影響程度)，以及設施所在區位之氣候危害情境(危害度)等因子，俾利進一步綜合評估其風險程度，方有利於研擬適當調適作為。

本所已於 104 年「重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(簡稱前期研究)」完成鐵公路系統各路段脆弱度及危害度等級分析，透過脆弱度與危害度等級計算，綜合評估鐵公路系統各路段之風險程度。其中，脆弱度定義為潛在影響程度及設施調適能力之函數，以路段交通量與產值做為潛在影響程度指標，另以設施安全性、預警應變作為、替代道路數為設施調適能力指標；至於危害度係考量設施本身型式(高架、平面、地下)，及設施區位在不同降雨情境下造成之坡地崩塌機率以及淹水危害程度做為災害潛勢分級，並利用風險矩陣，以大尺度角度完成鐵公路風險地圖並同步完成調適資訊平台建置，提供鐵公路主管機關檢視轄管設施於不同氣候情境下之風險熱點、高風險成因等功能。

前期研究受期程及資料取得限制，部分評估指標未予納入(如：設施安全性指標)。由於鐵公路設施安全性為影響運輸設施面對氣候變遷受損程度之重要因子，指標設定及資料是否完整，將連帶影響風險評估結果。為更精準分析鐵公路設施在氣候變遷下受到的衝擊影響，前期評估指標需更進一步精進探討。另一方面，前期研究建置之調適資訊平台，已提供鐵公路主管機關使用，考量使用機關的需求，進行平台脆弱度及風險分析功能之強化，以支援鐵公路主管機關在氣候變遷下之決策分析。

1.2 計畫目的

1. 隨著氣候變遷及極端氣候頻率增加，亦提高了運輸系統阻斷之風險，在國家資源有限下，提供決策者充分客觀的資訊，瞭解運輸系統於氣候變遷風險熱點成因，進而研提有效之調適措施。
2. 「國家氣候變遷調適行動計畫(102-106 年)」之總體調適計畫中揭示需滾動檢討國家氣候變遷調適行動計畫，本計畫成果將作為運輸部門相關主管機關研提新一期調適行動計畫之重要依據。

1.3 計畫工作內容

1.3.1 本計畫工作內容

本計畫延續前期計畫成果辦理，工作項目包含六大項，說明如下。

1. 文獻回顧
   (1) 蒐集最新國內外鐵公路氣候變遷調適措施相關資料及相關案例。
   (2) 蒐集最新國外鐵公路氣候變遷風險評估相關指標項目(包含量化及不可量化指標)。
   (3) 針對前 2 項國外資料，撰寫 4 篇相關報導文章，納入本所相關刊物及鐵公路調適資訊平台發佈使用。
2. 強化前期重大鐵公路建設氣候變遷風險評估指標

依據前項風險評估指標文獻蒐集回顧成果，及檢視前期風險評估指標資料之完整程度(包含：監測系統指標、產值指標等項目)，除透過盤查現有鐵公路系統暨有設施安全相關資料，依其設施特性訂定合適評估因子新增鐵公路設施安全性評估指標外，並針對重要且現階段鐵公路主管機關具有完整資料之項目，修訂、新增或研提替代之評估指標，以提升整體評估指標評估能力。

3. 依據檢討後之評估指標產製鐵公路風險地圖。

4. 訪談鐵公路主管機關解說推廣平台功能及蒐集使用需求

(1) 向各鐵公路主管機關深入解說前期平台功能，使各鐵公路主管機關熟稔平台之操作方式、各功能項目及評估結果意義。

(2) 針對本計畫平台擴充功能，蒐集鐵公路主管機關使用需求建議，經與本所討論後得適時納入功能項目。

(3) 針對進階平台功能，視鐵公路主管機關對平台熟稔程度，再予補充解說。

5. 擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台功能：以符合鐵公路主管機關使用需求及機關間資料共享原則下，新增平台功能，基本需求：

(1) 強化風險評估功能：使用者可依據決策需求，組合評估指標項目及權重，進行風險評估分析，並產生風險地圖。

(2) 評估指標資料數值修改功能：經授權之使用者可進入平台，針對評估指標資料提出修改意見說明。

6. 辦理調適資訊平台使用教育訓練

於 105 年 11 月 23 日針對本所及交通部所屬機關辦理本平台之教育訓練會議。

1.3.2 前期(104 年)工作項目

前期計畫主要工項如下：

1. 建立重大鐵公路建設因應氣候變遷風險評估方法與管理機制

(1) 研訂重大鐵公路建設因應氣候變遷風險評估方法與風險評估指標。

(2) 不同降雨情境之風險評估及相關指標敏感度分析。

(3) 研訂重大鐵公路建設因應氣候變遷風險等級劃分原則，並劃分風險等級。

(4) 完成重大鐵公路建設因應氣候變遷風險評估及建構風險地圖。

(5) 依據風險等級劃分結果，進行重大鐵公路建設因應氣候變遷之風險管理機制探討，並研提優先改善建議。

2. 與國發會及相關部會署調適資訊平台之整合規劃

針對本計畫建立之調適資訊平台與國發會推動建置之「國家氣候變遷調適資訊平台」、相關部會署所置與調適有關之資訊平台進行整合規劃。

3. 重大鐵公路建設氣候變遷調適資訊平台之構建

(1) 檢討修訂 103 年度所提氣候變遷脆弱度評估指標系統與調適資訊平台之功能與架構。

(2) 針對構建重大鐵公路建設氣候變遷調適資訊平台時，所需考量之重要課題，例如：資訊蒐集、跨平台整合、組織與權責分工、永續維運機制、國際交流等，逐項進行深入之探討與分析。

(3) 完成重大鐵公路建設氣候變遷調適資訊平台(網路版)之構建，並配合建構作業進行相關軟體之購置。

(4) 製作上述資訊平台之操作手冊，並進行案例操作示範(選擇案例與本所共同討論決定)。

(5) 辦理調適資訊平台說明會，提升交通部暨鐵公路主管機關對本資訊平台之認知與應用。提供調適資訊平台完成後，1 年內維護(含資安維護)、更新及協助技術移轉工作。

4. 推動策略與時程規劃

(1) 透過本計畫重大鐵公路風險評估之結果，探討重大鐵公路因應氣候變遷應有之調適方向及策略，提供鐵公路主管機關未來針對相關建設細項部分進行風險評估及研提相關調適作為之參考。

(2) 規劃後續推動建置重大鐵公路建設氣候變遷調適資訊平台之策略與時程(含移轉鐵公路主管機關維運之時機)，以供交通部及鐵公路主管機關參考。

1.4 計畫範圍與對象

依據本計畫應用所需要之資料蒐集分析範圍、使用對象，界定本計畫之研究範圍與對象，參見圖 1.4-1 所示。

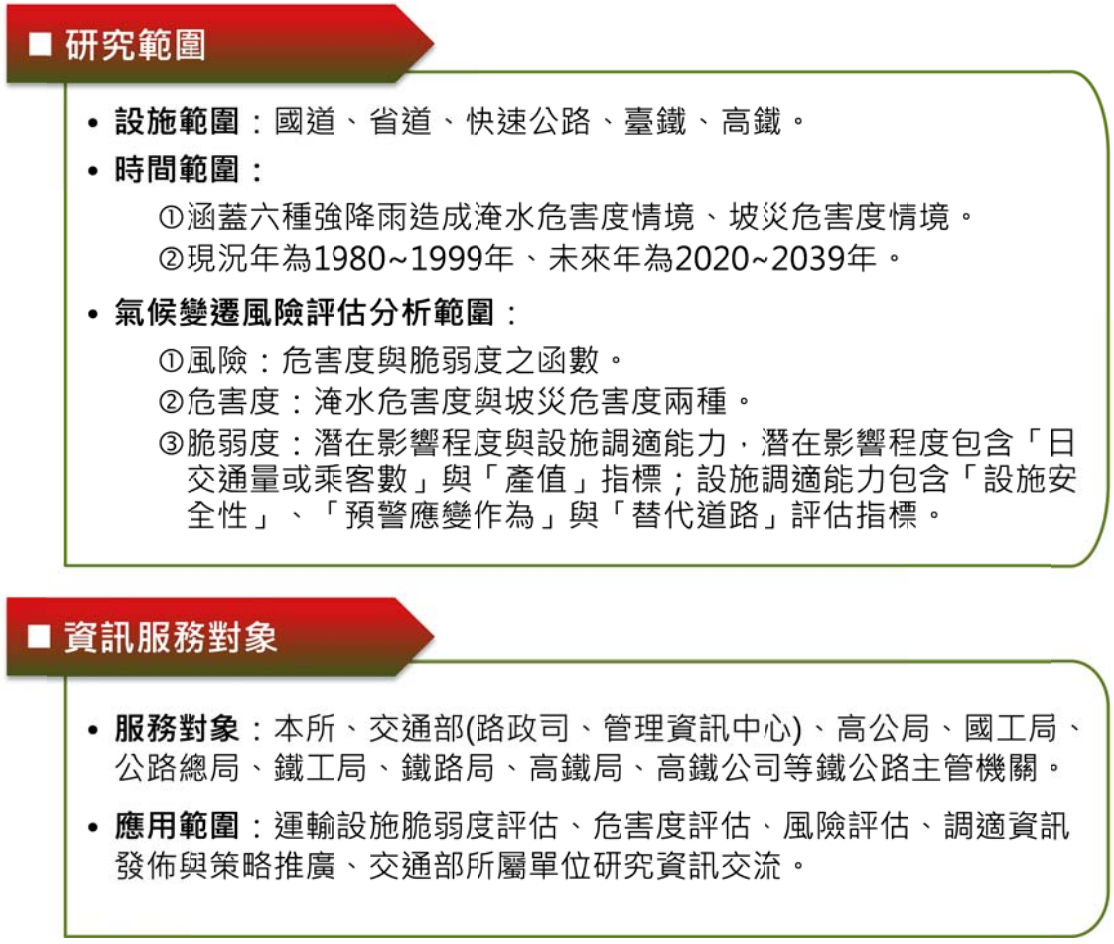


圖 1.4.1 計畫範圍與資訊服務對象

1.5 計畫流程

本計畫工作包含文獻回顧、主管機關推廣與需求訪談、強化風險評估指標/產製風險地圖、擴充資訊平台功能、其他等。期中階段重點包含文獻回顧/推廣與需求訪談、強化風險評估指標、產製風險地圖、機關資料共享功能檢討等項目，期末階段則是完成其他工項、並辦理教育訓練、應用推廣與成果發表等工作，計畫流程如圖 1.5-1 所示。

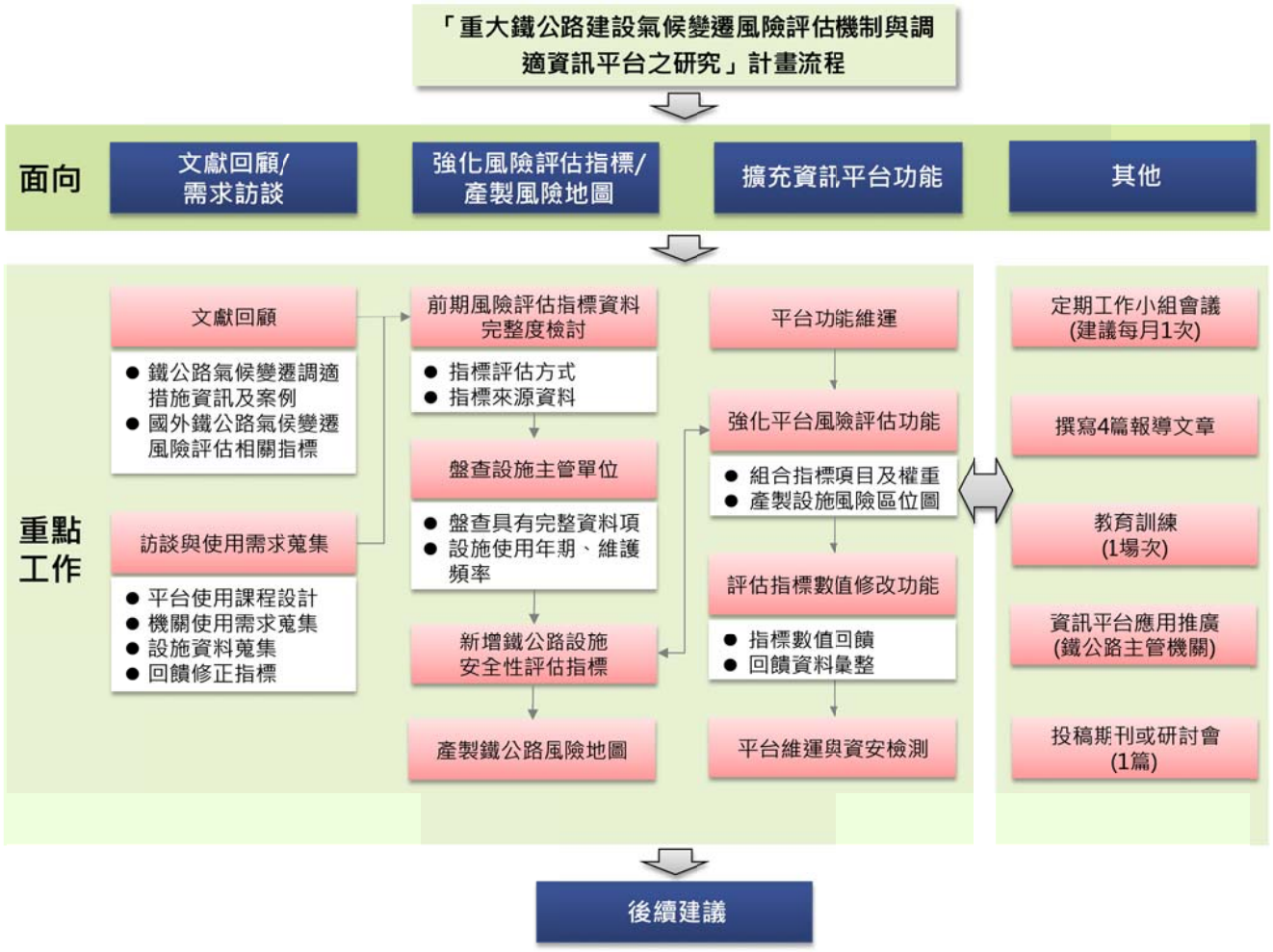

「重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究」計畫流程
面向
文獻回顧/需求訪談
強化風險評估指標/產製風險地圖
擴充資訊平台功能
其他
重點工作
文獻回顧
● 鐵公路氣候變遷調適措施資訊及案例
● 國外鐵公路氣候變遷風險評估相關指標
訪談與使用需求蒐集
● 平台使用課程設計
● 機關使用需求蒐集
● 設施資料蒐集
● 回饋修正指標
前期風險評估指標資料完整度檢討
● 指標評估方式
● 指標來源資料
盤查設施主管單位
● 盤查具有完整資料項
● 設施使用年期、維護頻率
新增鐵公路設施安全性評估指標
產製鐵公路風險地圖
平台功能維運
強化平台風險評估功能
● 組合指標項目及權重
● 產製設施風險區位圖
評估指標數值修改功能
● 指標數值回饋
● 回饋資料彙整
平台維運與資安檢測
定期工作小組會議(建議每月1次)
撰寫4篇報導文章
教育訓練(1場次)
資訊平台應用推廣(鐵公路主管機關)
投稿期刊或研討會(1篇)
後續建議

圖 1.5.1 計畫辦理流程

第二章 文獻回顧

2.1 國內外鐵公路氣候變遷風險評估方法與指標

為掌握全球氣候變遷風險評估方法發展趨勢，並針對重大交通設施進行分析與研究，本節蒐集與整理國內外鐵公路氣候變遷風險評估方法相關文獻重點，包括交通部運輸研究所既有研究成果、2014 台灣災害管理研討會、美國科羅拉多大學博爾德分校、美國運輸研究委員會、美國塔夫斯大學(Tufts University)、日本國際協力機構(JICA)及英國環境、食品和農村事務部(Defra)等，共計 7 個研究單位(或組織)，茲分述如下。

2.1.1 國內

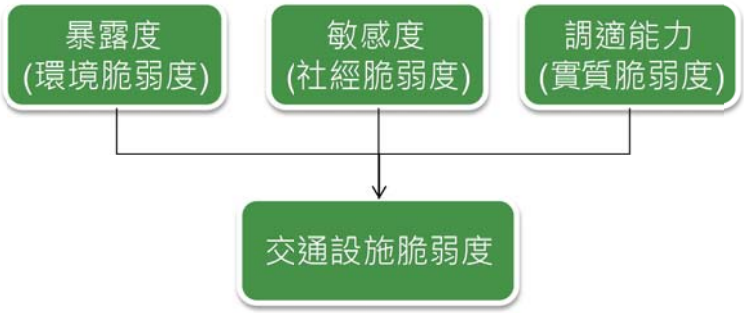
1. 本所既有研究成果

國家氣候變遷調適政策綱領明定八個調適領域工作分組(簡稱八大領域)，包括：災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性、健康。本所為維生基礎設施的彙整機關，於 102 年啟動推動「重大鐵公路建設氣候變遷調適策略與脆弱度評估指標之研究」，並於 103~104 年接續為期兩年之「重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究」，其針對風險評估之方法與指標分別說明如下：

(1) 103 年重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(1/2)

此研究設定未來之目標年為 2020-2039 年，主要評估強降雨對於重大鐵公路建設之衝擊影響。而重大公路建設分為「國道及快速道路(簡稱國快道)」與「省道」兩部分；重大軌道建設分為「臺鐵主線」及「高鐵全線」兩部分。

脆弱度評估方法採用氣候變遷衝擊之敏感度、暴露度及適應能力三者的綜合值(取嚴重值)。且為同時重視暴露度、敏感度及適應能力三者，如圖 2.1.1 所示。



資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(1/2)，交通部運輸研究所，103 年。

圖 2.1.1 102 年度建置之交通設施脆弱度評估關係圖

其中，**暴露度**定義為「交通建設位於危害(例如：洪水災害、地質災害…等)發生之威脅程度」，其評估指標包含「地質災害潛勢」、「淹水潛勢」、「土石流潛勢」及「海平面上升」四者；**敏感度**定義為「受氣候變遷影響導致失能，社會經濟及交通運輸可能受影響之範圍與程度」，選擇「交通影響」與「經濟發展」層面中具代表性之指標，分別為「日交通量或每日乘客數」與「產值」，各評估指標之等級係藉由分位數法將其劃分五等級；而**調適能力**定義為「交通建設預防、預警、應變以及復原之能力」，主要分為災前預防能力、預警能力、災時應變能力及災後復原能力四個面向，故取其四個評估指標，分別為預防能力之「設施結構安全度(橋梁結構安全性)」指標、預警能力之「監測系統」指標、應變能力之「替代運輸」指標、復原能力之「復原能力」指標。

(2) 104 年重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)

採用 2014 年聯合國政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IP CC)氣候變遷第五次評估報告(AR5)對風險的定義，即**風險＝危害度*脆弱度**。其中，「脆弱度」係指易受到不利影響的傾向與素質，其包括對於損害的敏感與感受性以及缺乏應對或適應的能力。故此研究將脆弱度定義為社經影響程度(即 103 年敏感度)與運輸設施的現有能力(即 103 年調適能力)之函數。其中，社經影響程度包含「日交通量或乘客數」與「產值」評估指標；運輸設施的現有能力則包含「橋梁結構安全性」、「監測系統」與「替代道路」評估指標，其函數式如下：

交通設施脆弱度=取平均(社經影響程度, 運輸設施的現有能力)

社經影響程度=取平均(日交通量或乘客數, 產值)

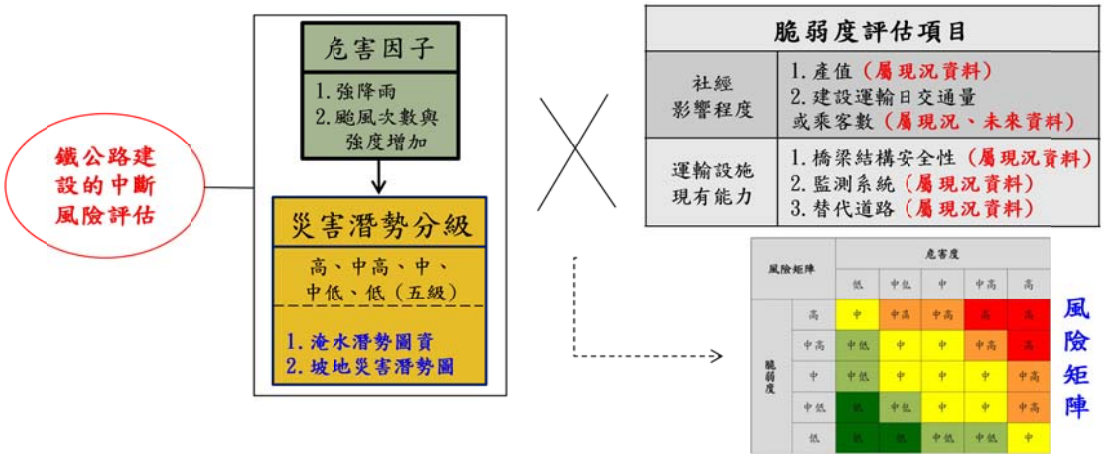
運輸設施的現有能力=取平均(橋梁結構安全性,監測系統,替代道路)

另外，經由專家學者提及部分領域之危害度與暴露度無法有效分開評估方面，由 IPCC AR5 針對危害度名詞解釋可知，「危害度」係指自然發生或是人類引發的事件、趨勢或是物理性衝擊，可能危害生命或是影響健康，以及損害財產、基礎建設、生計、服務與環境資源。故此研究以危害度因子(如強降雨、颱風次數與強度增加)引發的淹水潛勢及坡地災害作為危害度的評估指標。

因此，該研究將鐵公路系統的中斷風險定義為「氣候變遷衝擊對交通設施未來可能損害或損失的程度」，並訂定交通設施氣候變遷風險評估如下兩式。而圖 2.1.2 為 104 年度鐵公路建設的中斷風險評估。

交通設施坡地災害風險 = f (脆弱度 , 坡災危害度)

交通設施淹水風險= f (脆弱度 , 淹水危害度)



資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

圖 2.1.2 鐵公路建設的中斷風險評估

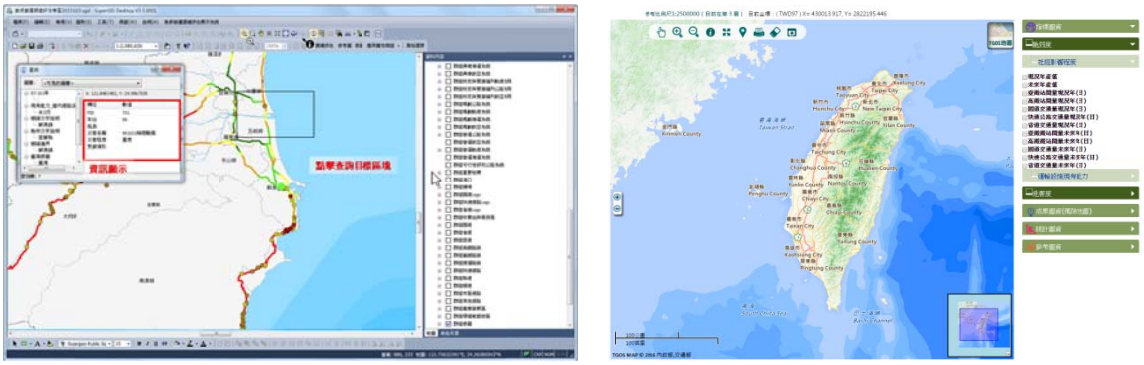
其中，**坡災危害度**的計算係透過強降雨事件之山崩潛感評估模式，以評估研究區域(全臺山坡地)於未來特定期間內，因強降雨引致之邊坡崩塌機率，然此機率需透過驗證且設定當驗證成功率高於 75%時方能視本模式為可行。接著，以崩塌機率模式為主體，套疊全臺各類交通建設，

以每 100 公尺或 500 公尺路段作為危害度分析單元，計算每一路段崩塌機率平均值，此平均崩塌機率即為坡災危害度。因此，該研究採用 6 種不同降雨情境，包括現況年 1980~1999 年，50 年重現年；現況年 1980~1999 年，100 年重現年；現況年 1980~1999 年，200 年重現年；氣候變遷情境 2020~2039 年，50 年重現年；氣候變遷情境 2020~2039 年，100 年重現年；氣候變遷情境 2020~2039 年，200 年重現年，以反映各交通建設沿線坡災危害度變化。

淹水危害度係採用經濟部水利署於 96 年製作之第二代淹水潛勢作為指標，而淹水潛勢係依據各縣(市)自然環境資料、利用淹水模式進行 4 種定量降雨、10 種重現期降雨(1.1、2、5、10、20、25、50、100、200、500 年)、3 種降雨延時(24、48、72 小時)模擬情境，模擬條件中假設水庫與防洪設施正常操作，無設施破壞，並且堤防無溢堤與下游無暴潮，製作成各縣(市)淹水潛勢範圍。而淹水危害度區分為五等級，分別為低(0~0.3 公尺)、中低(大於 0.3 公尺~1 公尺)、中(大於 1 公尺~2 公尺)、中高(大於 2 公尺~3 公尺)、高(大於 3 公尺)。

為了探討現況與未來氣候變遷情境的不同降雨條件淹水潛勢，以現況而言，前期研究直接取用水利署降雨延時 24 小時之三種重現期降雨(50、100、200 年)潛勢圖資；未來淹水潛勢部分，由於水利署尚無氣候變遷下全台淹水潛勢圖資，因此藉由「氣候變遷水文環境風險評估研究(2/2)」研究中 A1B 情境下之全台現況與未來各測站氣候變遷雨量情境下降雨頻率(2、5、10、20、25、50、100、200 年)分析結果，得知現況年重現年 100 年之降雨總量(731mm)接近於未來重現年 50 年降雨總量(751mm)、現況年重現年 200 年之降雨總量(856mm)接近於未來重現年 100 年降雨總量(838mm)，以此類推。故在未來重現年 50 年淹水潛勢係採用現況重現年 100 年的淹水潛勢圖；未來重現年 100 年淹水潛勢係採用現況重現年 200 年的淹水潛勢圖；未來重現年 200 年淹水潛勢係採用現況重現年 500 年的淹水潛勢圖。該研究即依此概念選取未來重現年 50、100、200 年之淹水危害度地圖。

最後，成果圖資則透過氣候變遷調適評估展示系統(單機版)、鐵公路氣候變遷調適資訊平台(網頁版)呈現，單機版提供各指標圖資編修、出圖、細部圖資查詢操作，網頁版則提供調適資訊與風險地圖瀏覽。



資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

圖 2.1.3 氣候變遷調適評估展示系統(左)和資訊平台(右)

2. 台灣災害管理 2014 年研討會-極端氣候下鐵路災害風險之初探-以南迴線鐵路坡地災害為例

財團法人中興工程顧問社發表之「極端氣候下鐵路災害風險之初探-以南迴線鐵路坡地災害為例」，透過回顧國內鐵公路主管機關之防災經驗及南迴線鐵路歷年災害，研判南迴線鐵路未來面對極端氣候之防災挑戰仍以山崩、地滑、土石流等邊坡災害為主，與以往鐵路運輸主要僅考慮地震與洪水因素已有變化。

鐵路沿線邊坡易致災路段評估方法可依圖資蒐集來源與精度區分為三個層級（表 2.1-1），並可分別就落石、岩屑崩滑、岩體滑動與土石流等四類地質災害，區分高、中、低潛勢等級，進而配合風險矩陣概念（圖 2.1.4），進行易致災路段之災害潛勢劃設。

在國內外研究中，針對鐵路路線應用山崩潛勢劃設易致災路段亦漸為使用，如 Chen et al.（2014）、詹勳全等人（2012）針對阿里山森林鐵路以羅吉斯迴歸探討山崩潛勢，以及 Bednarik et al.(2010)針對波蘭 Kralovany–LiptovskyMikuláš 鐵路沿線進行山崩潛勢評估等。為評估南迴線鐵路於未來遭受颱風侵襲導致之崩塌災害，此研究應用經濟部中央地質調查所「集水區地質調查及山崩土石流調查與發生潛勢評估(2010 年)」建立之山崩潛勢分析方法(圖 2.1.5）進行潛勢分析。因此，透過各種地質、地

理、水文與區位等重要因子做為山崩潛感因子，並以事件總雨量做為促崩因子，將各因子進行標準化後，加入 SPSS 軟體進行羅吉斯迴歸分析，分析完成後即可得到山崩潛感分析模型。將所有的因子資料套用於山崩潛感分析模型，經計算便可得到各格網的潛感值，即可繪製崩壞比曲線圖，藉由擬合崩壞比曲線，可得一迴歸式將潛感值轉為機率值，並繪製山崩機率圖，未來可用此模型事先預測下次風災事件可能會造成嚴重崩塌的地區。

表 2.1-1 鐵路邊坡易致災潛勢分級

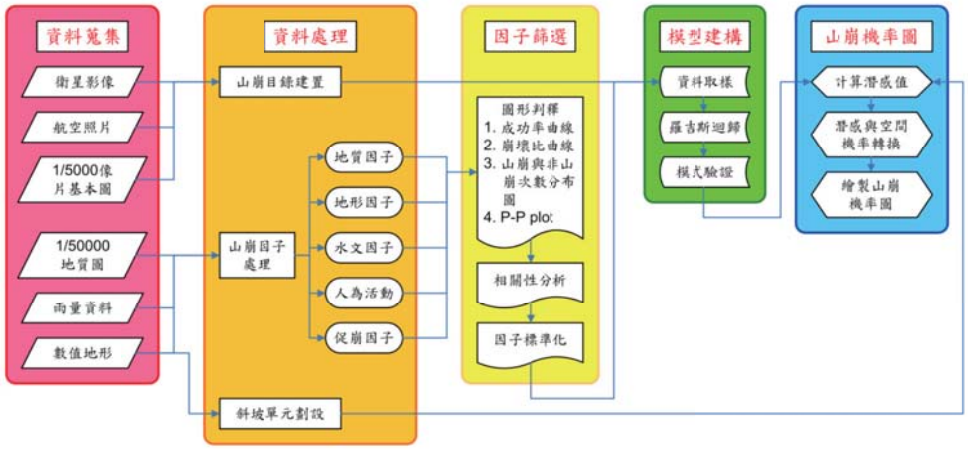
潛勢等級(比例尺)	分析方法	適用範圍
Level I (1/25,000)	地質調查所地質災害潛勢圖 (中央地調所)	廣域地質災害
Level II (1/5,000)	斜坡單元(TU)、遙測影像判釋(RS)、高精度光達微地形判釋(LiDAR)	現地調查無法所及之上、下邊坡及微山崩地形
Level III (1/1,000)	現地調查：依邊坡評分調查	評估斜坡單元上之最易致災點位

資料來源：極端氣候下鐵路災害風險之初探-以南迴線鐵路坡地災害為例，2014 台灣災害管理研討會論文集，103 年。

鐵路邊坡致災潛勢 Level III		RS 判釋、LiDAR 微地形判釋		
		低	中	高
現地調查	低	低	低	中
	中	低	中	高
	高	中	高	高

資料來源：極端氣候下鐵路災害風險之初探-以南迴線鐵路坡地災害為例，2014 台灣災害管理研討會論文集，103 年。

圖 2.1.4 災害潛勢風險矩陣評估示意圖(以 Level Ⅲ爲例)



資料來源：極端氣候下鐵路災害風險之初探-以南迴線鐵路坡地災害為例，2014 台灣災害管理研討會論文集，103 年。

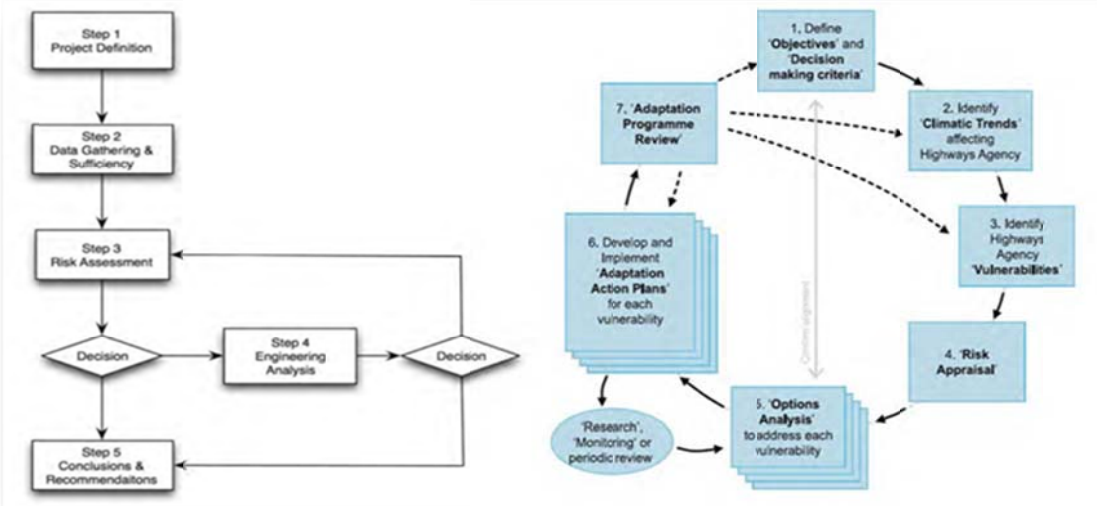
圖 2.1.5 山崩潛感分析流程

2.1.2 國外

1. 美國運輸研究委員會(Transportation Research Board, TRB)成果

「美國運輸研究委員會」(Transportation Research Board of the National Academies, TRB)是美國國家科學研究委員會的一個支部，它為總統、國會和聯邦機構對國家重大的科學和技術問題扮演獨立的諮詢顧問。美國國家科學研究委員會是由美國國家科學院、美國國家技術學院、以及美國醫學研究所所共同管理。美國運輸研究委員會的使命，係透過研究以推動運輸方面的創新和進步。

其於 2013 年 12 月發布之「運輸部門因應氣候變遷規劃之以風險為基礎的調適框架：各種作法彙整」(Risk-Based Ada ptation Fr ameworks for Climate Change Planning in the Transportation Sector: A Synthesis of Practice)中提出，近年運輸部門之氣候變遷調適架構多關注於風險之評估，許多調適策略受到風險分析及管理之影響。經檢視各界案例後，綜整運輸部門風險評估程序為兩大類別:處理一般維生基礎設施,交通系統為其中一部分，調適架構如圖 2.1.6(左)；另一種則為針對運輸維生基礎設施進行評估及管理，調適架構詳圖 2.1.6(右)所示。

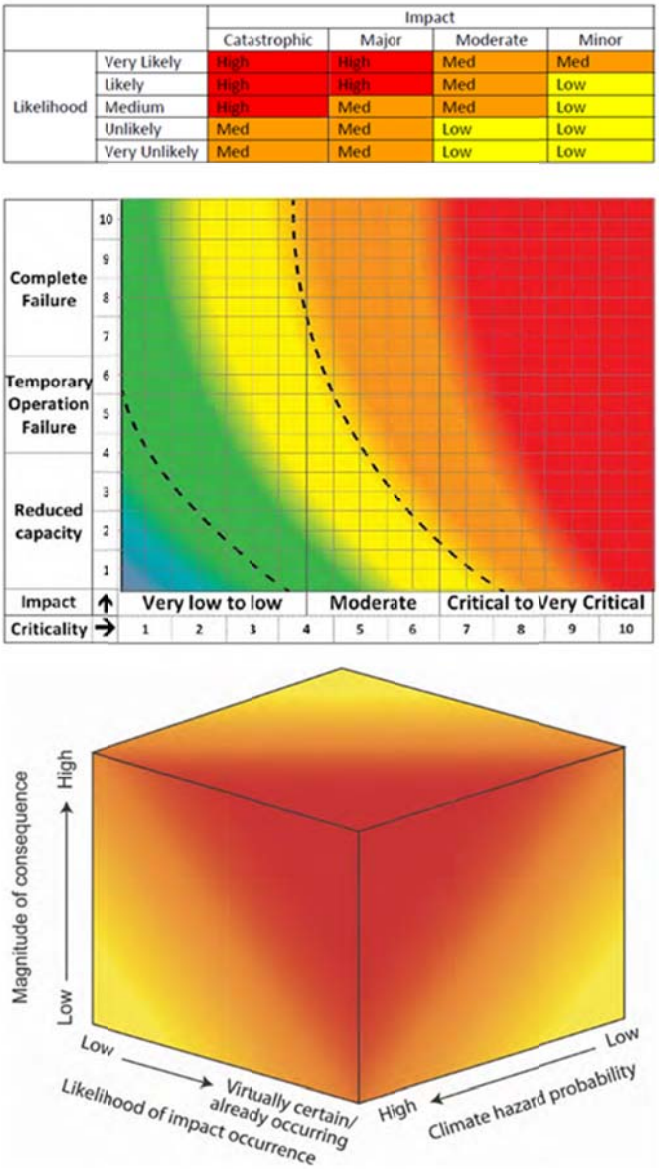


資料來源： Transportation Research Board of the National Academies, TRB, Risk-Based Adaptation Frameworks for Climate Change Planning in the Transportation Sector: A Synthesis of Practice, Dec. 2013.

圖 2.1.6 一般維生基礎設施調適架構及運輸維生基礎設施調適架構

此法的特色在於發展出「簡單型、「複雜型」與「多面向」的風險矩

陣，端視資料的細緻程度而定。資料越仔細，風險等級越精緻，相應的調適作為也就更有針對性(specific)且更為明確，如圖 2.1.7 所示。



資料來源： Transportation Research Board of the National Academies, TRB, Risk-Based Adaptation Frameworks for Climate Change Planning in the Transportation Sector: A Synthesis of Practice, Dec. 2013.

圖 2.1.7 簡單型(上)/複雜型(中)/多面向(下)風險矩陣

2. 美國科羅拉多大學博爾德分校研究成果

建立在 IPSS(基礎設施規劃支援系統)的道路分析和 SoVI(社會脆弱度指數)因應氣候變遷調適的基礎上，兩者皆能針對選定的地理位置提供定量數據進行氣候變遷脆弱度分析。

社會脆弱度數據為太平洋研究所(Pacific Institute) 所提供的開放性資料(“Map: Social Vulnerab ility Index Data”, 2014) 。該數據由 Cutter(1996)開發的 SoVI 模式而得，其定義了美國各郡產生社會脆弱度導致環境危害的 32 個相異變數。太平洋研究所選定 19 個與氣候變遷直接相關的變數，這些變數在各級人口普查皆採獨立評估。而每個變數有其相對的「脆弱度等級」(採三分位)；最小脆弱度被視為「低」，最大脆弱度被視為「高」，而在中間者被視為「中等」。脆弱度評估是以近期可用數據作靜態分析(在一般情況下，根據 2010 年人口普查數據)。然而這的確是研究限制，其不可能準確預測未來十年的趨勢，然而它仍提供了一個脆弱度評估基準。

IPSS 數據提供了兩個具體指標：一個為「調適」成本，另一個為「無調適」成本。調適成本代表以主動的方式來建設，可透過重建時調整預計承受氣候變遷影響的道路其設計標準來達成；無調適成本代表道路基礎設施在氣候變遷造成的損害發生後，其被修復所花的費用。

這兩種方法結合後，產生和脆弱度多方位定義最接近的綜合評估模型(IAM)，這是在社會科學中常用的和環境決策相關的分析方法。它被認為能「超越單一學科的界線，並能考量一個以上的領域或問題的諸多方面」。研究的目的是提供指引，讓決策者決定如何辨識投資的優先順序以因應氣候變遷，以獲得最大的經濟和社會效益。

為了整合社會脆弱度和基礎設施成本(含有調適與無調適)的資料，可透過 GIS 進行定義及建構各屬性資料，包含各類基礎設施的脆弱度排名。將數據資料利用 GIS 疊加後，制定一 3×3 的脆弱度矩陣。排名最後者定義屬低基礎設施脆弱度與低社會脆弱度，而排名最前者為高基礎設施脆弱度與高社會脆弱度(表 2.1-2)。

表 2.1-2 脆弱度矩陣(評估模式中投資排名)

社會脆弱度 / 基礎設施脆弱度	低	中	高
低	9 8 7		
中	6 4 2		
高	5 3 1		

資料來源：Amy Schweikert, Paul Chinowsky, Xavier Espinet, Targeted Adaptation Strategy: Reducing Climate Change Impacts by Integrating Social Vulnerability Analyses and Climate-Resilient Infrastructure Adaptation. University of Colorado Boulder, USA (2014)。

氣候變遷下基礎設施成本風險「低」之地理區域被排名在最後，儘管該區社會脆弱度高。投資排名第二者為「中基礎設施脆弱度、高社會脆弱度」；具有較高社會脆弱度的地區(排名第 2)比「高基礎設施、中社會脆弱度」給予更優先的排名(排名第 3)。因為「中等」道路基礎設施脆弱度降低的影響可能非常有助於減少一個地區的社會脆弱度。排名第 5 者如同前述原因，「高基礎設施」脆弱度並不優先於排名第 4 者，因為它發生在低社會脆弱度的地區，該區域對氣候的影響具有更多的彈性。本評估規模可根據當地的優先政策和調適性基礎設施投資的預期經濟效益進行調整。

3. 美國塔夫斯大學(Tufts University)研究成果

$$V(\text{脆弱度}) = H(\text{災害程度}) - C(\text{調適措施})$$

H 包含了災變機率及災變衝擊，C 包含個人及公部門之應對。人們面對災害時常使用的應變手段常以個人經驗與文化，或是先前的學習情況有關，而有時以同樣應變手段處理同樣的災害，其最後受災的結果卻可能不相同，本文旨在說明脆弱度其實不只見於單位個體所面對之災害程度，也和此各體週遭的生活環境有關，也就是說，不同個體所和環境產生之不同互動，也會表現出不同的脆弱度。

而有關風險的預測傾向，有下列三項難題有待解決:

(1) 多尺度的分析常導致聚合性的問題發生

(2) 缺乏目標基準訂定(用來比較無脆弱度之「0 狀態」)

(3) 動態系統中將包含時間及空間變數作為解釋變量。

另外，由於脆弱度有尺度或區域上差異的問題，使得即使是不同國家之間，其脆弱度也可能出現很大或很小的差異，也就是說，在一大區域中之子區域條件是相當不容易預測的。

「評估脆弱度就像是去調查一個不存在的東西」，我們需要針對我們需要評估的項目做基準值訂定，也就是需要針對某些變數做出一些級別的區分，如肯亞在 1995 年曾訂以下變數做為評估食物需求量(食物越少脆弱度越高):出口產品平均收入、非農業來源收入、畜牧人數、高潛力土地、市場、乾旱風險等，將此些變數做某些轉換可以產生編排各區域脆弱度排行之依據(但此法仍有問題)。

就此，瞭解家庭、社區及其他區域間的脆弱度(就營養方面的考量)來說，這應被視為一種可以改善資源發展的投資；此外，須注意脆弱度分析中，其應和兩大重要領域相關，即災害(disaster)和發展(development)之程度，也就是說，要瞭解當地(目標)環境條件才能瞭解其脆弱度，一個一體適用(one-size-fits-all)的規劃方式對於一族群(家庭、社區、及各種小區域)其實是效用不大的，一個體(或區域)之脆弱度需要分開評估，因為不同個體育環境的互動具有不確定性。

4. 日本 JICA(Japan International Cooperation Agency)研究成果

JICA 氣候變遷策略支援工具適應對策概要指出，JICA 之調適策略的目的，為針對氣候變遷的影響，推行政策降低脆弱度。調適策略的發展為訂定脆弱度並予以評估，並依據 99 年之聯合國開發計畫署(United Nations Development Programme, UNDP)指南(如表 2.1-3)，訂定脆弱度評估步驟。

表 2.1-3 聯合國開發計畫署（UNDP）脆弱度評估步驟

步驟 1： 氣候變遷相關之危險性及感受性之訂定	(1) 評估從過去到現在的氣象趨勢及風險
	(2) 氣候變遷相關之危險性與變化 a. 掌握氣候變遷後的氣象狀況 b. 掌握其他社會經濟的變動因素
	(3) 評估氣候變遷的感受性 a. 掌握過去的災害狀況 b. 對策設施等的整備狀況 c. 氣候變遷的感受性
步驟 2： 氣候變遷的調適能力訂定	(4) 評估氣候變遷的調適能力 a. 氣候變遷的調適能力 b. 確認造成影響惡化之氣候變遷因素
步驟 3： 評估脆弱度	(5) 評估脆弱度 彙整步驟 1 與 2 的因素，了解指定地區之氣候變遷脆弱度；另外，指定地區內如有脆弱度的差異時，需了解其地區內之差異性。

資料來源：Japan International Cooperation Agency(JICA)，2011，「JICA 氣候變動對策支援(JICA Climate Finance Impact Tool)適應對策概要」。

另外，日本以社會危害度概念為基礎之都市系統氣候變遷之脆弱度評估研究中，認為在以都市系統一般性脆弱度指標之定義為基礎的情況下，必須結合氣候變遷加以評估，且都市系統脆弱度由社會危害度進行換算。所謂社會危害度是指居住的生活品質(Quality of Life, QOL) 與社會費用(Social Cost)之比值。研究方法如下所述，表 2.1-4 為 QOL 評價手法的評價要素與指標。

表 2.1-4 QOL 評價要素與指標

項目		評價要素	指標範例
地區之生活環境品質	可及性	就業便利性	通勤距離
		教育文化便利性	上學距離
		健康醫療便利性	距離醫院的距離
		購物服務便利性	超級市場的距離
	舒適性	居住空間使用性	理想/最低居住水準住宅
		建築物景觀調和性	好/壞
		周邊自然環境性	多/少自然生態
		地方環境負荷性	噪音等級
	危險性	地震危險性	沒受害/50%建築物受害
		洪水危險性	沒受害/浸水
		犯罪危險性	1 年內的犯罪案件次數
		交通事故危險性	1 年內的交通事故案件次數

資料來源：Japan International Cooperation Agency(JICA)，2011，「JICA 氣候變動對策支援(JICA Climate Finance Impact Tool)適應對策概要」。

(1) 都市系統脆弱度指標

$$SH = \frac{LCC}{QOL}$$

QOL：都市居民居住地之生活環境品質

LCC：維持居住地所需之社會 Life Cycle Cost

(2) QOL 之評估方法

$$QOL(p,l) = \langle LPs(l), W(p) \rangle = \langle [AC(l), AM(l), H(l)], [w_{AC}(p), w_{AM}(p), w_H(p)] \rangle$$

QOL(p ,l)：個人 p 的地區 l 之生活環境品質

LPs(l)：地區 l「有機會獲得生活的目的(提升生活環境品質之機會)」

AC：可及性

AM：市區舒適性

H：危險性

另根據日本適應氣候變化防汛小組委員會會議資料，災害風險與外力指數、受影響指數、受災機率與防災力指數相關，關係如下式。

$$災害風險 = \frac{外力指數 \times 被害指數、影響指數}{防災力指數} \times 受災機率$$

①外力指數：自然外力條件(如氣象、水文、地形、地質等)

②被害、影響指數：災害衝擊之社會脆弱度(如淹沒人口、淹水家戶、道路或鐵道受損、生命威脅)

③防災力指數：國家和地方政府對防災社區之調適對策(如防洪設施發展、災害地圖的繪、防災意識的提升等)。

當氣候變遷時，「外力指數」會增加；可檢討設施環境、土地使用，改善危機處理能力等之調適策略，提升「防災力指數」，亦使「損害・影響指數」減少，進而可使「災害風險」減輕。

5. 英國環境、食品和農村事務部(Defra)研究成果

根據「英國氣候變遷風險評估報告」(UK Clim ate Change Risk Assessment Methodol ogy Re port)，風險評估方法主要可區分為六大主題：「定義問題與決策準則」(Define Problem/Decision Criteria) 、「辨識及特徵化衝擊」(Identify & Characterise Impacts)、「辨識主要風險」(Identify Main Risks)、「評估脆弱度」(Assess Vulnerability)、「評估現況及未來風險」(Assess Current and Future Risk)以及「產出風險報告」(Report on Risks)等，共包含15 個步驟，如圖 2.1.8。英國的風險評估方法特點計有以下幾點：

(一) 兼採質性與量化資料。如經濟衝擊部分有量化資料即採用之，無法取得量化數值資料則以質性敘述資料替代之，如國家/國家重要遺跡受到長期嚴重破壞。為整合質性與量化資料，均將之區分為低、中、高三個等級。

(二) 評估社會脆弱度，透過以下方式與利害關係人討論確認：

1. 受影響區位
2. 是否會區域性地擴張
3. 身心障礙人士受影響程度為何
4. 低收入戶受影響程度為何
5. 弱勢族群(居住/工作場所較不佳)人士受影響程度為何

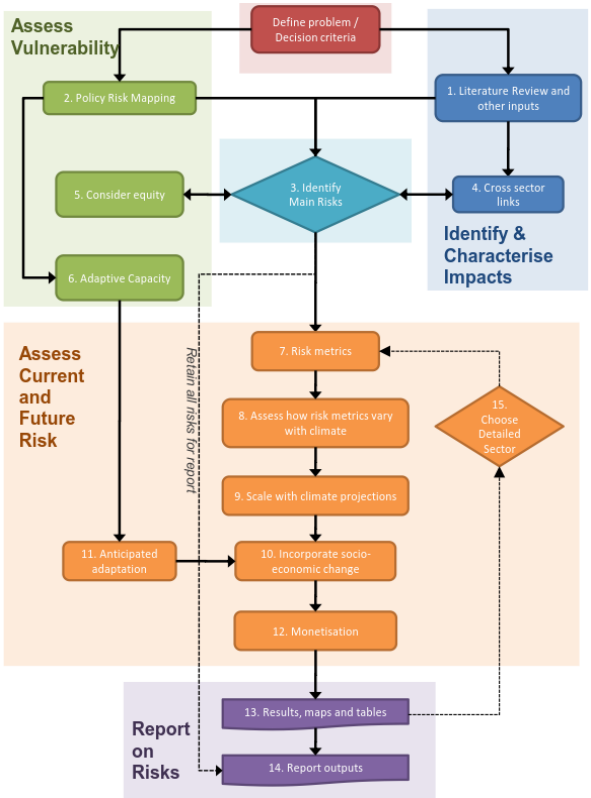
6. 偏遠地區居民、無私人運具居民受影響程度為何

7. 缺乏風險意識人士受影響程度為何

(三) 考慮「永續性」、「可能性」與「急迫性」。「永續性」乃從「社會」、「環境」、「經濟」三面向來評估；「可能性」意指「衝擊(或其後果)發生之可能性」;「急迫性」則為「執行調適決策急迫性」。

(四) 具回應功能的風險矩陣：瞭解風險矩陣對氣候條件變化的敏感度。回應功能取決於資料及模式可取得性。例如：精細模式之敏感度分析，以及歷史資料可產生風險矩陣和單/數個氣候變數簡單之統計關係式，若當資料及模式皆不可得，則僅能用專家引導方式進行。此步驟需清楚定義及紀錄相關假設及不確定性。

(五) 考量社會的改變如何影響風險。人口成長為影響風險矩陣之主要驅動力之一，尤其影響淹水、水資源供需、健康、人造環境及能源風險矩陣。為了彌補不確定性高的問題，使用 3 種預測人口情境(低、中、高人口成長)。其他主要之社會經濟議題尚包括：人口需求(高/低)、全球穩定性(高/低)、貧富差距(高/低)、消費驅動力(永續/不永續)、政策決策層級(地方/國家)、土地使用改變/管理 (高/低政府推動)。



資料來源：Defra, UK Climate Change Risk Assessment Methodology Report, Feb, 2012.

圖 2.1.8 「英國氣候變遷風險評估報告」的風險評估方法

2.2 國外氣候變遷鐵公路調適措施及案例

近年來，世界各國多已承認氣候變遷會對地球造成相當嚴重的影響，因此，不論在節能減碳(減緩)或降低設施損害的損失(調適)，均開始投入在人力與財務各方面的資源，希望能藉以減緩全球暖化的速率；再另一方面，若是災害真的發生，也希望及早採取預防措施，以減少損害。

由於外在環境變動迅速，因此聯合國 International Panel on Climate Change (IPCC)對於氣候情境與研究準則與方法也一再依情況調整變動。調適研究牽涉到氣象，工程，環境，社經等多種領域，所需資料龐大，如何在有限資源下因應所需情境變遷，做出有效的評估，找出脆弱的設施儘速加以補強，就成為各國研究團隊的重要挑戰。

本節節譯國外氣候變遷脆弱度風險評估與調適措施案例，著重點在於以下四項，以提供國內調適工作推動的借鏡。

(1) 風險評估與脆弱度評估在指標的選用與研究重點；

(2) 如何簡化處理資料蒐集與分析精細度的問題；

(3) 調適策略與評估方法；

(4) 研究心得與後續推動工作。

2.2.1 美國

1. 墨西哥灣脆弱度研究

美國聯邦公路總署（Federal Highwa y Administration ， FHW A）為了要找出因應氣候變遷之重要考慮因素、問題及資源，以用於公路設計與實施氣候變遷脆弱度評估，於 2008 年起結合包括交通部、都會規劃局、以及其他有關運輸系統規劃、設計、營運、維修單位之經驗，到目前為止共贊助 17 州與 7 都會區規劃局完成脆弱度評估與回復力計畫，其中最完整且最詳細的示範性調適計畫，當推『墨西哥灣研究(Gulf Coast Study)』。該研究辦理期間由 2008 至 2015 年，先於 2011 年提出的 FHWA 研究架構，如圖 2.2.1，成為後續美國各研究的範本。

該研究第一期先從橫跨四州(含德克薩斯州，路易斯安那州，密西西比州與阿拉巴馬州)的大區域著手。從廣大的區域中再篩選出阿拉巴馬州的Mobile 都會區做重點研究。該區域所以被選為交通部示範計畫之重點區域，係因為下列原因：

①地勢低窪且有地層下陷問題，特別容易受到海平面上升的影響；

②時有颶風襲擊；

③經濟地位重要；

④沿岸有大型人口密集都會區，且有鐵公路，機場，港口與管線等系統，可作為未來各州相關研究的範例，並研發出各州均可適用的研究方法。

墨西哥灣研究第二期完成於 2015 年，針對氣候變遷各情境對當地影響與暴露度，探討各運具系統在不同氣候壓力下的敏感度，並大量蒐集運具設施設技資訊，完成一系列詳細的脆弱度評估與後續之工程分析報告，從架構，指標到工程研究，極具參考價值。摘錄如後。

(1) 研究架構與流程

該計畫分為二期辦理。第一期主要是蒐集區域資料、探討氣候變遷對交通設施之影響、區域交通設施脆弱度初步評析，並選定第二期細部規劃範圍。

第二期工作是完成以下重大工作，其工作流程見圖 2.2.1

①篩選出重要的關鍵性設施；

②蒐集並處理氣候變遷資料；

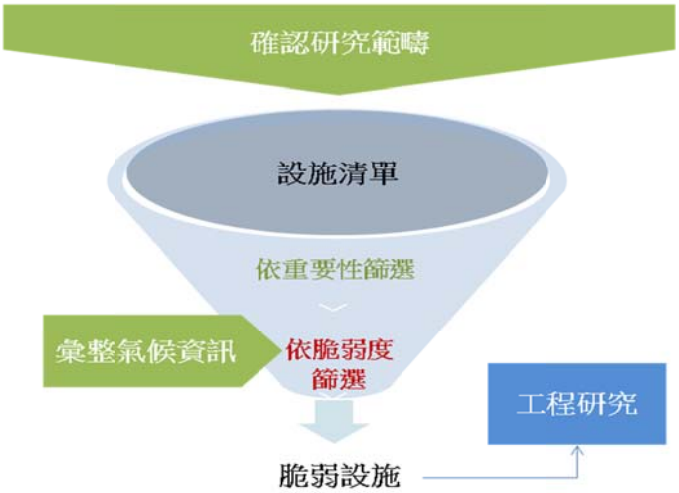
③探討氣候變遷對設施之影響；

④脆弱度評估；

⑤針對最脆弱的設施辦理工程評估與調適策略成本效益分析。

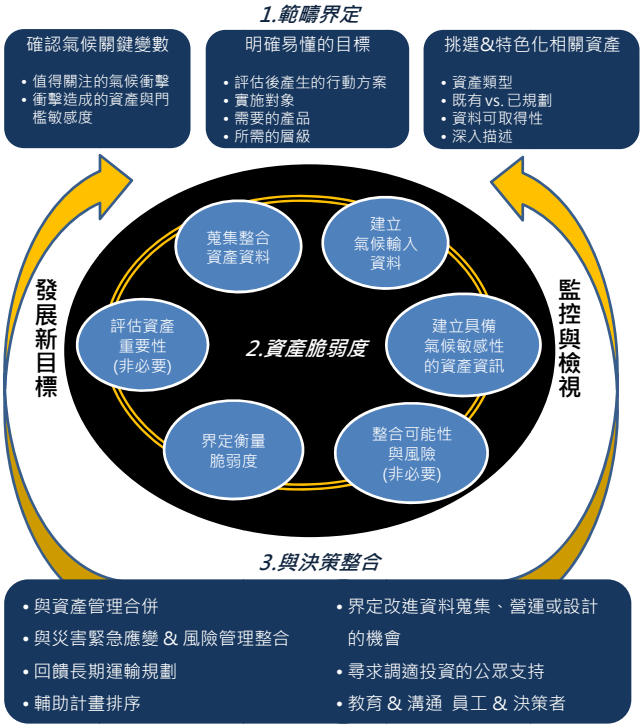
此計畫偏向於針對運輸設施本身的脆弱度探討，在調適策略部分，也偏向設施本身的工程性調適措施，而比較少探討社經影響與運輸系統間的整合等風險性課題。確定優先調適設施後，即辦理工程分析，研擬調適策略方案與探討經濟成本效益。並將選定之調適策略度納入行政決策體系，納入預算編訂程序，以逐次提高所轄系統之安全性與災後回復能力。

由圖 2.2.2 可知，脆弱度研究與調適策略探討是個回饋與滾動管理的機制，將依據最新的氣象資料與災害發生的狀況反覆調整相關氣候，設施與社經參數，逐年探討與落實。



資料來源： Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, Gulf Coast Study, Phase 2: Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure, May 2014.

圖 2.2.1 墨西哥灣研究脆弱度評估篩選流程

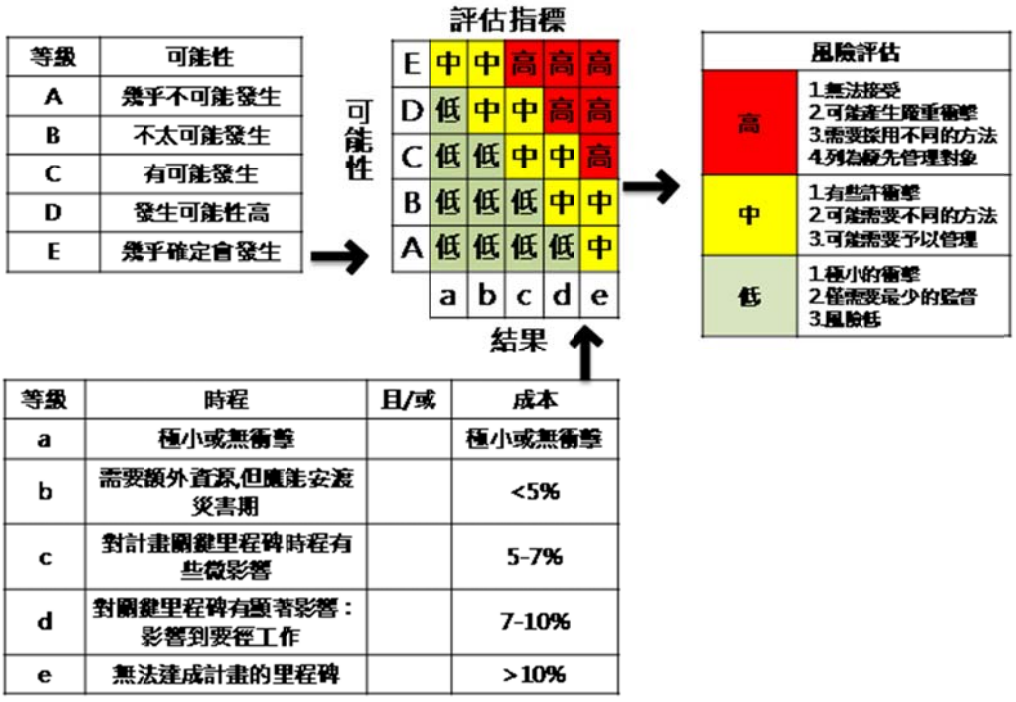


資料來源：Federal Highway Administration. Climate Change and Extreme Weather Vulnerability Assessment Framework. (2012).

圖 2.2.2 美國 FHWA「氣候變遷與極端氣候脆弱度評估架構」

(2) 指標系統與脆弱度評估

墨西哥灣研究基本上採用 FHWA 之風險評估矩陣，以指標方式來探討各運輸設施之脆弱度與風險如圖 2.2.3 所示。



等級	可能性
A	幾乎不可能發生
B	不太可能發生
C	有可能發生
D	發生可能性高
E	幾乎確定會發生

	a	b	c	d	e
E	中	中	高	高	高
D	低	中	中	高	高
C	低	低	中	中	高
B	低	低	低	中	中
A	低	低	低	低	中

等級	時程	且/或	成本
a	極小或無衝擊		極小或無衝擊
b	需要額外資源,但應能安渡災害期		<5%
c	對計畫關鍵里程碑時程有些微影響		5-7%
d	對關鍵里程碑有顯著影響：影響到要徑工作		7-10%
e	無法達成計畫的里程碑		>10%

資料來源： Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, Gulf Coast Study, Phase 2: Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure, May 2014.

圖 2.2.3 美國聯邦公路總署(FHWA)採用之脆弱度及風險評估矩陣

在指標部分，該計畫用①社經；②使用/營運與；③健康安全三種向度來定義設施重要性(criticality)，並據此篩檢出在這三方面具重要性的設施如表 2.2-1 所示，暴露度部分之氣候變遷基本情境如表 2.2-2，敏感度與回復能力則以表 2.2-3 之指標量度。

(3) 工程評估與調適策略

脆弱度評估的目的是要讓相關單位了解在極端氣候發生時研究範圍內哪些重要設施可能受損，以及程度如何。然而，研究範圍內的設施性質很可能有許多差異，包括工程材料，設計標準，地質特性等等，會對設施承受極端氣候的能力有決定性的影響。因此，必須對於評估篩選出的脆弱的關鍵性重要設施的工程特性加以分析，方能定義出最適切的調適策略。

表 2.2-1 鐵公路設施或建設計畫重要性篩選指標

評估向度	公路系統	鐵路系統
社經指標	服務國家或國際貿易 主要運輸系統 主要轉運中心 社區重要連結 無替代道路 服務區域經濟中心 地方重要道路 車站或港口聯外道路	服務國家或國際貿易 主要運輸系統 主要轉運中心 社區重要連結 無替代道路 服務區域經濟中心
使用/營運指標	公路級等 交通量 多運具轉運中心	鐵路級等 貨運量 調車場分配貨運量 路段使用率 營運特性 多運具轉運量 地區性交通量
健康安全指標	逃生路線 救災或復原路線 國防道路系統 醫療維生設施聯外道路	逃生路線 救災或復原路線 國防道路系統 醫療設施聯外道路 危險貨物轉運點

資料來源： Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, Gulf Coast Study, Phase 2: Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure, May 2014.

表 2.2-2 墨西哥灣研究基本氣候情境

氣候變遷災害種類	情境	未來年
溫度	B1， A2 ， A1Fi 排碳情境	近期 2010-2039 中期 2040-2060 本世紀末 2100
降雨	B1， A2 ， A1Fi 排碳情境	近期 2010-2039 中期 2040-2060 本世紀末 2100
海平面上升	2050 年全球評均海平面上升 30 公分， 2100 年海平面上升 75 公分與 200 公分	
颶風	每年 11 個	

資料來源： Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, Gulf Coast Study, Phase 2: Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure, May 2014.

表 2.2-3 墨西哥灣指標與量度方式

面向	指標	指標量度方式
暴露度	降雨量變化	未來年 100 年重現之 24 小時降雨量變化
敏感度	過去是否有淹水紀錄	是/否
	低於 100 年洪水位	長度百分比
	低於 500 年洪水位	長度百分比
	設施高程	與周遭地面高程差
	環繞設施之土壤滲透力	不透水土壤面積百分比
	引道是否容易淹水	引道最低點高程
	地下道	是/否
回復能力	迅速修復能力	重新建置成本， 1：少於 1 百萬美金 2：一百萬至一千萬美金 3：一千萬至一億美金 4：一億美金以上
	替代道路	改道所增加旅行長度 1： 10 公里以下 2： 10 公里至 30 公里之間 3： 30 公里至 50 公里之間 4： 50 公里以上
	排除障礙困難度	系統受阻延時 1：數小時 2：數天 3：數週 4：數月

資料來源： Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, Gulf Coast Study, Phase 2: Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure, May 2014.

由於工程評估，不論在資料蒐集或工程研究都需要投入較多的人力與財力資源，故僅能針對脆弱度評估所篩選出來的少數重要且脆弱的設施加以評估，較為有效。墨西哥灣研究的工程評估包含表 2.2-4 中之第 11 個步驟。

表 2.2-4 墨西哥灣研究工程評估步驟

步驟	內容
(1)基地現況	含基地附近土地使用，人口，經濟活動，歷史古蹟或環境敏感地區特性，土地使用與運輸長期發展計畫，運輸系統功能
(2)設施現況	含地點，道路功能分類，設計特性，面積與高程，設計年限，設施年齡，設計規範
(3)定義所探討之極端氣候類型	規畫設計時須考量之氣候因素，如降雨，溫度，海平面高程，颶風特性等
(4)氣候情境與量化	在各氣候情境下，則降雨，海平面高程，溫度或颶風改變情況.
評估設施承受氣候情境能力	在極端氣候情況，是否設施足以承受所添加之氣候壓力
(6)研擬調適方案	研擬改善設施抗災能力的各種規畫，設計，營運與維護方案
(7)探討各調適方案之抗災能力	評估改善後之方案是否有足夠對抗步驟(4) 中的氣候情境
(8)經濟效益評估	探討設施改善成本所造成減少災害損失(若難以估計，則有時以脆弱度值來代表)的效益
(9)其他考量評估	其他非工程與非經濟的因素考量
(10)行動計畫	綜合考量經濟與非經濟因素，擬定行動計畫
(11)監測與回饋	設施完成後，檢視與監測改善效果，並回饋至未來規畫與執行過程.

資料來源： Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, Gulf Coast Study, Phase 2: Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure, May 2014.

綜合觀之，美國脆弱度評估比較著重設施本身的工程設計改善與更新，而比較不探討多運具或網路運用，甚或智慧運輸系統所能發揮的減災效應。這是因為 FHWA 在定義脆弱度評估時即將研究重點聚焦於設施本身之調適與補強，與歐盟或英國著重經濟風險評估有相當差異。

(4) 後續研究

墨西哥灣研究提供了脆弱度評估的基本架構與範例，並研發評估工具供美國各州使用。該研究並提出以下各項重要後續工作作為後續，以落實脆弱度評估成果。

①發展調適方案經濟效益評估之方法

由於經濟效益評估是預算優先次序排定與預算金額編訂的基礎，因此脆弱度評估應提出優先補強改善的設施，並提出完善的調適方案。

②指標系統之細緻化

墨西哥灣研究所採用的指標與量度方法，只是為脆弱度研究設下起始點，未來可根據案例，探討指標是否能充分反應設施之暴露度，敏感度與調適能力，再據以修正。

③與資產管理與風險管理系統整合

FHWA 鼓勵各州將脆弱度與風險評估成果納入資產管理系統，將資產現況與未來納入考量，以供決策者運用考量。

④政府部會間的技術準則整合與協調，如水利與交通單位之整合。

2. 美國紐約州風險研究

紐約州風險研究是 FHWA 贊助之先導性計畫(Pilot Project)之一。紐約州 Lake Champlain Basin 地區最近 10 年來雨量顯著增加，2011 年更發生兩次超大洪水造成數十億美金的損害。因此，紐約州交通部決定為公路排水箱涵做一次總體檢，以利訂定重建或加強維修的決策，因而完成此研究。紐約州研究目的與主要工作項目有以下四項，

①從設施脆弱度，安全性與環境生態角度考量，以找出優先改善設施，並訂定道路設施改善的優先順序；

②從工程設計角度評估脆弱設施的調適方案；

③發展經濟效益評估工具；

④納入紐約州現有公路設計標準，準則或評估工具體系。

(1) 研究架構與流程

此研究架構仍然基於 FHWA 架構，採用簡單的步驟與指標解決一個簡單的實際問題。本案僅探討氣候變遷造成的淹水問題，然而由於環境的敏感性，故將研究擴展到風險評估，並以簡單的方法設計與篩選各項指標與調適策略決策。易於了解與應用。

(2) 指標系統與脆弱度與風險評估

①針對未來降雨量，預估未來年洪峰河水流量

評估箱涵生態指標，箱涵密度越高，對河川生態影響越大，除此之外,研究團隊共研擬16項生態性指標來說明設施的生態影響。

②脆弱度評估與篩選

召集地區水工工程師與工程處維修工程師,參照 GIS 圖中設施高程，氣候與河川資訊，針對箱涵以計量方式定出脆弱度，然後針對高與中脆弱度箱涵加以後續評估。低脆弱度的設施則暫不評估。

③重要性評估

考量資料是否易於取得,採用以下兩種指標來評估具有箱涵之路段的重要性：

a. 服務醫院，消防，警局等維生重要設施者，重要性為 5 分，否則為 0 分

b. 依道路功能分類，主要幹道為 5 分，次要幹道 3 分，地區性集散道路為 2 分，其他次要地區性道路為 1 分

考量洪水發生是可事先預測的，因此暴雨或淹水期間人民多半留在家中，故不考慮大型購物中心等人潮聚集的場所，而僅納入地區的維生設施。

④風險指標評估特別注重地區的維生設施如下：

風險指標分數＝ 脆弱度分數 * 重要性分數

50 分以上為高風險；10-50 為中風險；10 以下為低風險

a. 調適方案

針對高風險路段下的涵管加以水文與水工分析,來判定抽換或維修所牽涉到的工程與經費。

b. 經濟效益分析

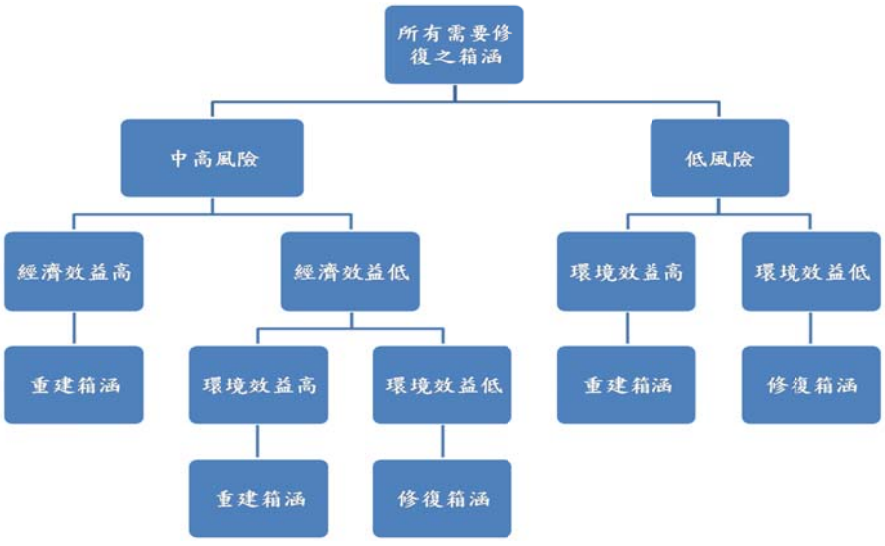
在經濟效益評估部分，研究團隊納入社會，經濟與環境方面的效益，如表 2.2-5。

經由經濟與環境效益評估，紐約州即以圖 2.2.4 之決策樹來判定箱涵是否重建或修復。基本上，環境效益高者與中高風險且經濟效益高者，採取重建方案，而其他採用修復方案。

表 2.2-5 紐約州風險評估中社經濟與環境指標

效益	納入項目	相關指標
社會	安全改善	全年因氣候變遷導致車禍生命損失之期望值
		全年因氣候變遷導致車禍醫藥損失之期望值
	改善機動性，減少延滯	全年因氣候變遷造成災害而導致之交通改道所增加之旅行時間成本期望值
		全年因氣候變遷造成災害而導致之交通改道所增加知車輛運轉成本期望值
	改善可及性	因氣候變遷導致道路封閉而無法使用醫院，消防隊與警局之全年成本期望值
經濟	減少災害損失，含道路設施，鄰近物業與商業損失	歷年災害損失平均值
	保持貨物運送流暢	全年因氣候變遷導致道路關閉以致貨車改道所增之旅行時間成本期望值
		全年因氣候變遷導致道路關閉以致貨車改道所增之車輛運轉成本期望值
		全年因氣候變遷導致額外宅配成本期望值
環境	野外魚類與生物之健康 改善依賴河川為生之物種棲息地 減少河岸侵蝕 改善水質、及水質汙染 提高河川休閒品質 減少環境災害修復成本	依據生態評估選定環境乘數因子 (1.0-1. 2)，附加於社會經濟效益之上，以概估環境效益.

資料來源: New York State Department of Transportation in partnership with the Nature Conservancy, Climate Vulnerability and Economic Assessment for at-Risk Transportation Infrastructure in the Lake Champlain Basin, New York, (December 2015).



資料來源: New York State Department of Transportation in partnership with the Nature Conservancy, Climate Vulnerability and Economic Assessment for at-Risk Transportation Infrastructure in the Lake Champlain Basin, New York, (December 2015).

圖 2.2.4 紐約州風險評估決策樹

(3) 後續工作

紐約州已開始逐步將脆弱度與風險評估成果納入行政管理體系。由於預算有限，如何有效運用所有資源來妥善管理現有資產，與投資新的交通建設，以達成政府對於社會，經濟與環境永續發展的責任，實是現代政府部門應面對的課題。紐約州將脆弱度與風險評估納入的行政機制有以下三項，

①資產管理

建立資產物理，使用狀況清冊，以充分掌握興建重置與維修需求，並善加分配有限預算，以達永續發展目標。脆弱度與風險評估成果，可納入資產管理架構(Asset Management Framework)中，以提供決策者參考運用。

②地理資訊平台

紐約州已完成運輸系統預算審議與資產管理平台，運用地理資訊系統，充分提供決策者有關現有系統與道路投資計畫的相關資訊，並以實際地圖展現，並納入相關環境與土地使用資訊，以利投資與管理決策參考。

③預算審議與編訂機制

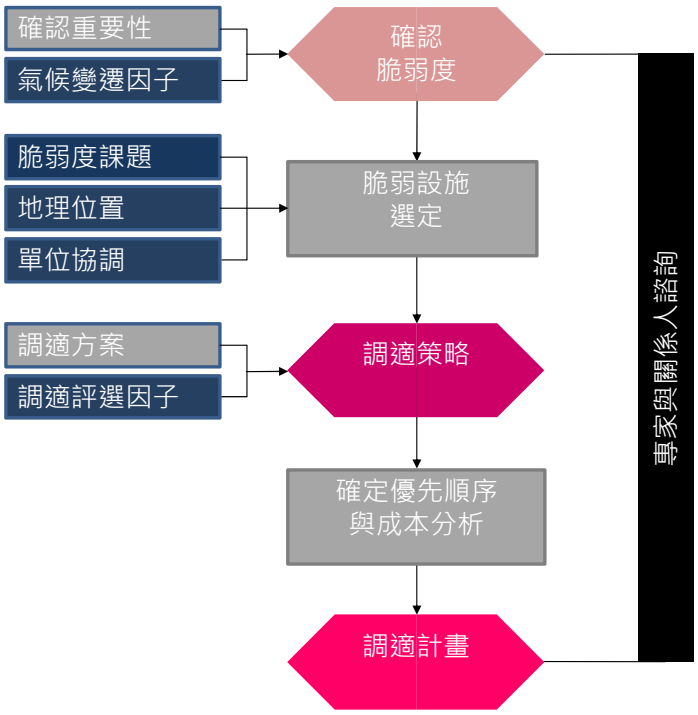
未來紐約州的交通投資計畫預算審議，須考量 SMART (Safety, Mobility, Accessibility, Resilience & Transportation/Environment 即安全、機動性、可及度、回復力與運輸與環境等五種改善指標)。本案之脆弱度與風險評估成果，即可納入預算審議與編訂機制，以利推動與執行。

3. 美國加州西北海岸區脆弱度研究

如同紐約州風險研究，加州脆弱度研究也是 FHWA 贊助之先導性計畫(Pilot Project) 之一。本案的目的是要探討有關脆弱度評估方法。探討的氣候變遷災害類型包括淹水、坡災、海平面上升、海岸侵蝕、溫度、森林野火等。

(1) 研究架構與流程

本案基本引用 FHWA 脆弱度架構，研究流程見圖 2.2.5。由圖可知，本案非常注重專家的意見。所有技術的決策均由技術指導小組與相關人提供意見定奪。



資料來源：Caltrans, *District 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies,* FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, December (2014)

圖 2.2.5 加州脆弱度評估流程

(2) 指標系統與脆弱度評估

加州的脆弱度評估，基本上考量設施重要性，暴露度，敏感度與調適能力，並將指標分別置於設施重要性與影響度兩個面向來探討脆弱度。說明於後。加州在設施重要性部分採用大量的社經與交通資料，分成①系統連結，交通與人口；②公路長度與等級；③橋梁；④排水設施；⑤路外設施；⑥交控設施等六組，共 41 個指標來界定設施重要性。如表 2.2-6，其中粗黑字體顯示者為最重要的前 15 項指標。

這些指標資料來源多係加州交通部，資料經過標準化，全部轉換成由 1-10 的計分，然後由技術指導小組與地方專業人員共同決定各組與各指標的權重，累計加總，成為該路段的設施重要性指標。

暴露度(exposure)採用 A1 與 B1 兩種排放情境於未來年 2050 與 2100 年的預測值。所探討的氣候變遷可能災害包括強降雨導致的淹水、海平面上升、坡災、海岸侵蝕、野火等。在影響度(Impact)部分，設施路段的評估指標係考量過去災變記錄與暴露度，判定路段在所探討之氣候變遷災害可能是發生後道路完全中斷，災害中短暫中斷，或是部分車道無法使，依據判定之影響程度加以記分，如圖 2.2.6 所示。

表 2.2-6 加州脆弱度評估中之設施重要性指標

設施重要性組別	指標	設施重要性組別	指標
系統連結交通人口	**可及度**	排水設施	**溝渠，入水口，出水口數**
	替代道路		**箱涵數**
	ADT	路外設施	休息區
	尖峰交通量		接駁停車場
	人口		觀景點
	土地使用		地磅站
	包含重要節點		辦公大樓
公路長度與等級	總長度		工務段
	功能分類	交控設施	交通號誌
	進出管制長度		CCTV
	平均車道數		可變標誌
	自行車道長度		路況播報系統
	大客車路線行經長度		道路交通資訊系統
	風景區道路長度		電話
	允許貨車通行路段長度		
橋梁	**30m 以上河川橋數**		
	30m 以下河川橋數		
	高架橋或地下道數		

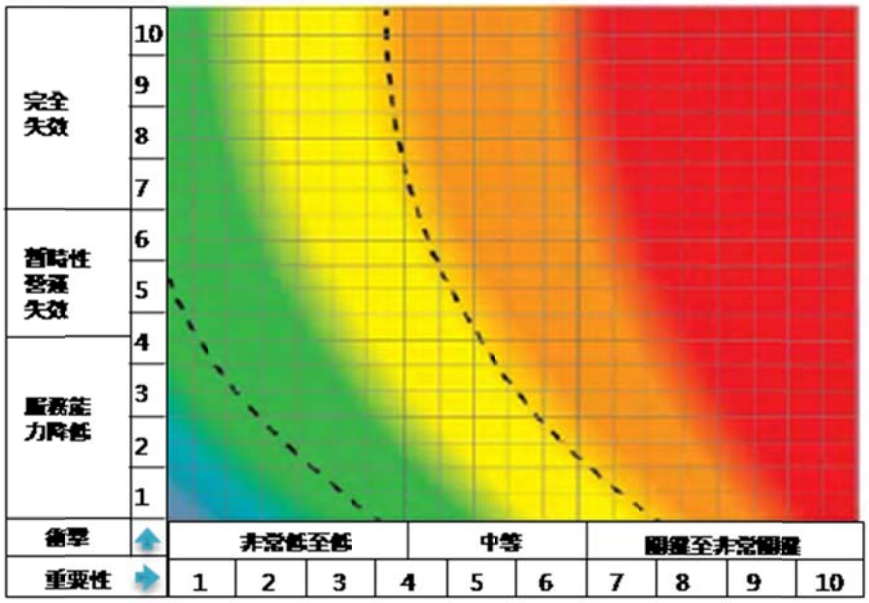
資料來源：Caltrans, D*istrict 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies,* FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, December (2014)

設施影響潛勢									
容量減少			暫時關閉			永久性損害			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
• 例行性維修或輕微修復 • 速率降低，交控措施與延滯			• 中度修復或更新 • 以時或日計的交通延誤，暫時性改道措施			• 重建全部或部分道路設施 • 需要執行長時期改道措施，有安全顧慮			

資料來源：Caltrans, D*istrict 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies,* FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, December (2014)

圖 2.2.6 加州脆弱度評估之影響度指標

脆弱度的評估部分，則是依照設施的重要性與災害影響度來判定，如圖 2.2.7. 由圖可知，加州在脆弱度熱點部分，對於設施重要性權重較高，因為所有重要性得分為 10 的設施均列入高脆弱度，而有部分影響度嚴重(10)的設施則因為重要性低，則列為低脆弱度。



資料來源：Transportation Research Board. Climate Change, Extreme Weather Events, and the Highway System: Practitioner's Guide and Research Report. (2014).

圖 2.2.7 加州脆弱度熱點圖

(3) 調適策略與評估方法

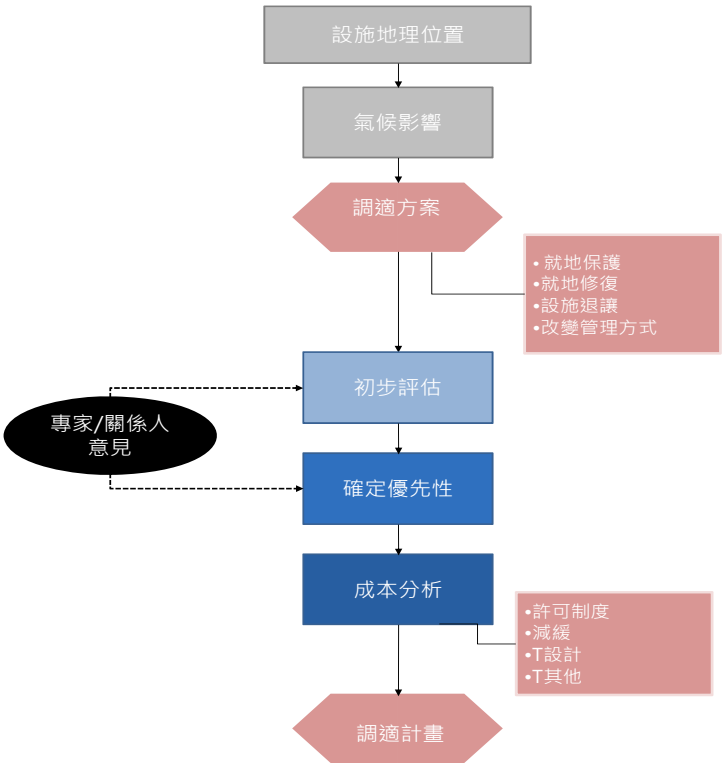
在調適策略部分，加州研究將調適策略分為就地保護，就地改善，設施退讓與改變管理方式四類，如表 2.2-7 所示。

表 2.2-7 加州運輸設施調適方案

調適策略	可能方案
就地保護	提供保護主體結構設施
	現有位置與高程保護設施
就地改善	提高現有設施高程
	改善排水設施
設施退讓	廢棄
	遷移至安全地點
	限制使用
改變管理方式	增加維護檢修頻率，加強監視預警作業

資料來源：Caltrans, D*istrict 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies,* FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, December (2014)

而在調適策略評估部分，評估流程如圖 2.2.8，並以①投資總金額、②年均支出、③可用年限、④安全保護水準、⑤設計彈性、⑥環境考量、⑦社會考量等七方面訂定評估因子與權重，加權評估。評估因子與權重，係由技術專家小組共同討論後產生，其說明如表 2.2-8。



資料來源：Caltrans, D*istrict 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies,* FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, December (2014)

圖 2.2.8 加州研究調適方放評估流程.

(4) 後續工作

①GIS 是整理並幫助篩選相關資料最有效的工具。彙整專家意見則是幫助團隊迅速解讀資料與尋找研究方向的重要方法。

②基地相關工程技術細節非短時間能掌握，工程分析需另案處理。

③有關設施重要性的評估，需要更清楚的研究準則。因為重要性牽涉許多彼此相關的量度指標，是否重複計算並造成權重失衡現象，尚待另案研究。

④後續應考量提高道路設施洪水設計標準與海平面設計標準。

表 2.2-8 加州研究調適方案評估因子與權重

評估因子	說明	計分	權重
總投資金額	規劃設計與興建費用	0 - >$1 億 1 – $1000 萬 – 1 億 2 – $100 萬 –1000 萬 3 - < $100 萬	3.7
年均支出	設計年限中年平均成本	0 - >$10 萬 1 - $5 萬 –10 萬 2 - $1 萬 – 5 萬 3 - <$1 萬	11.1
可用年限	調適方案設計年限相較於災害重現之年數	0 - 臨時性安排 1 - 不足 2 - 可接受 3 - 足夠	18.5
安全保護水準	設施現狀安全程度相較於調適過後之安全程度	0 - 不安全 1 - 安全度降低 2 - 安全度相當 3 - 安全度大幅改善	26.0
設計彈性	調適方案在向上提升之可能性，或分期建設之可能性	0 - 不可能 1 - 不太可能 2 - 相當可能 3 - 不需要	7.4
環境考量	調適方案對生態棲息地的影響	-3 - 嚴重負面影響 -2 - 顯著負面影響 -1 - 輕微負面影響 0 - 無影響 1 - 少許改善 2 - 有些改善 3 - 顯著改善	14.8
社會考量	調適方案對社區或社會利益之影響	-3 - 嚴重負面影響 -2 - 顯著負面影響 -1 - 輕微負面影響 0 - 無影響 1 - 少許改善 2 - 有些改善 3 - 顯著改善	18.5
權重合計	100.0		

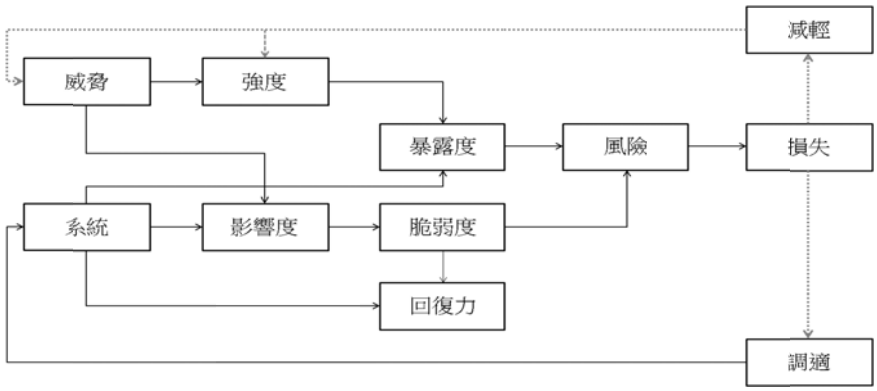
資料來源：Caltrans, District 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies, FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, December (2014)

2.2.2 歐洲

1. 歐盟 WEATHER 計畫

(1) 架構與流程

WEATHER 計畫風險評估支架構如圖 2.2.9 所示。



資料來源：WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012.

圖 2.2.9 歐盟 WEATHER 計畫風險評估架構

歐盟 WEATHER 計畫之執行期由 2009 年 11 月至 2012 年 4 月，共計 30 個月，參與研究國家有德國，希臘，法國，義大利，奧地利，瑞士等，而以德國扮演最重要的角色。該計畫計分以下七部份。

①氣候趨勢與經濟影響

②運輸系統脆弱度

③危機處理與緊急應變策略

④調適策略

⑤監理，誘因與創新

⑥案例分析

⑦政策建議

由上可知，歐盟在架構上有明確的目標，完整的風險研析方法，惟歐盟所辦理的是經濟性的研究，目的可能是要探討氣候變遷下，各會員國會有那些重要設施會有較高的經濟風險，而由於相互依存度高，故某些重要設施足以影響全歐洲，或是大區域的運輸與經濟，以利及早開始各會員國間氣候變遷政策之協調工作。

由於探討範圍廣大，WEATHER 研究並不特別發展敏感度指標，而是依據過去災害造成的損害，直接估算氣候變遷可能造成之損失成本。由於風險成本含有較高的不確定性，故各相關會員國應及早開始探討氣候變遷政策，並辦理後續脆弱度研究，更重要的是考量如何納入預算審議行政體系與各會員國間成本分攤的機制。

(2) 指標系統與風險評估

在風險指標部分，歐盟作法與英美不同，歐盟不採用指標，在氣候與設施影響度部分，採用過去相關災害發生頻率與嚴重性，在重要性部分，則是直接估算損失成本，也就是說，一般以敏感度指標來推估災害之可能損失與後果，而歐盟則是根據歷史資料推估某種災害之平均成本，並將此平均成本用來推估未來年各災害會造成之損失，如圖 2.2.10。圖 2.2.9 所示為 WEATHER 計畫考慮之損失成本項目，包括以下六項：

①設施損害與維修費用:現時重置成本每公里高速公路 870 萬歐元，每公里鐵路 255 萬歐元，視災害程度比例減少。

②設施營運管理部分計入警察與交控人員成本。鐵路計入消防人員成本與鐵路營收損失。

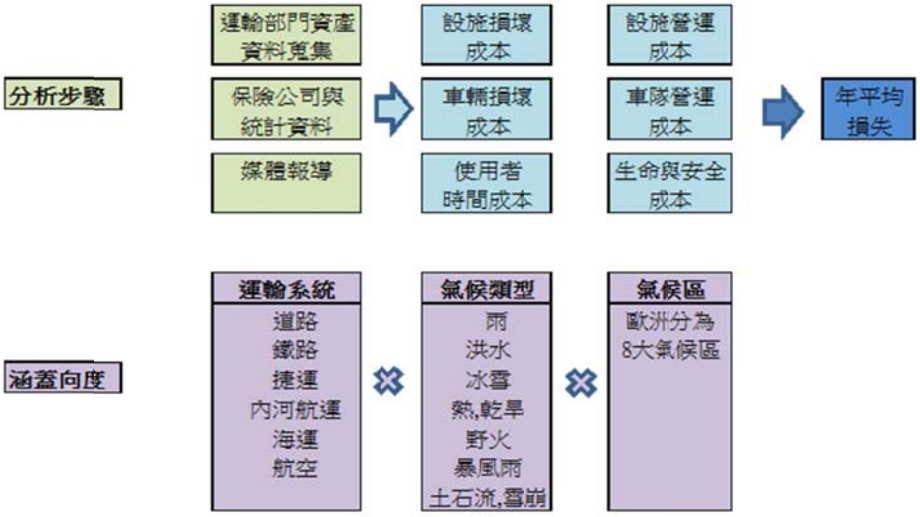
③車輛損失，用保險公司資料與車輛年齡統計資料，計入道路與航空部分成本。

④使用者時間成本部分，運用 VISUM 交通指派模式，將路網上之 link 逐次刪去一條，求得總旅行時間與基礎情境旅行時間比值，作為計算成本基礎

⑤車輛使用成本，考量改道所增加之車公里估算之。

⑥交通安全部份，以每件死亡 150 萬歐元計算，傷者比例折算。

由以上成本估算，可得出各氣候區與氣候類型之平均成本，以每延人公里當量(pkm-eq)表示之。納入簡化之貨運部分成本，公路部分以 pkm+0.3tkm 估算之，而航空則以 pkm+10tkm 估算之。



資料來源：WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012

圖 2.2.10 歐盟 WEATHER 計畫風險成本分析

道路部分引用 974 次災害事件(德國，澳國，瑞士，捷克，義大利與英國)損害資料.總計每年 18 億歐元，其中 35%為設施方面損失，而 80%以上是由水災引起。而鐵路部分，計入因長時間過熱造成的鐵軌變型(英國)，過冷，暴雨與長期降雨，雷雨與雪崩等。其中以水災損失最大，也是占 80%左右，其中 40%屬於設施成本，20%是使用者成本。

各分區平均成本與總災害事件乘積為總成本，歐盟年損失約 25 億歐元，其中設施部分約佔 50%，使用者成本佔 20%，其中山區公路受影響最大，而鐵路方面則以英國與東歐老舊鐵路最為脆弱。

再納入 VISUM 在使用者成本方面之分析結果可知，經濟價值最高的道路(與鐵路)在於：

①跨區域之高速公路(或鐵路)

②無替代道路之橋梁隧道等

③大都會區周邊聯外道路與鐵路

在目標年部份，由於未來年災害次數增加，故各運輸系統成本均將上升，而鐵路由於使用者持續成長，使得鐵路損失成本上升約兩倍以上，是損失成長最快的系統，值得關注。

(3) 調適策略與評估

根據歐盟最近完成之運輸部門調適策略報告，歐盟所採用的調適策略可分為以下四類：

①運輸與土地空間規劃

a. 一般防護措施

b. 運輸路網規劃

②設施技術與管理，可分為以下三方面探討：

a. 資訊與誘因政策

b. 管理與維護

c. 投資

③車輛技術與通訊系統，可分為以下三方面探討：

a. 偵測與通訊技術

b. 車輛工程技術

c. 維護

④服務與營運，可分為以下三方面探討：

a. 提高災難整備

b. 運輸系統間協調合作

c. 系統建置

歐盟所檢視之空間與運輸規劃相關調適策略彙整於表 2.2-9 至表 2.2-12。在調適評估方法部分，歐盟研究判定一般標準的成本效益分析方法將不可行，主因如下：

①成本效益資料從缺，而估算常需要更深入的規劃與設計方可達到目的；

②氣候變遷規劃年期達四、五十年，要比一般規劃期更為遙遠，那樣的年期，各種社經預測都趨於模糊與不確定；

歐盟採用多準則評估方法，訂定五類評估準則，採用定量分級方式加以評估，以納入決策支援體系。評估準則與分級簡述於表 2.2-13。

表 2.2-9 歐盟的調適策略－運輸與土地空間規劃部門

措施	設施	氣候類型	區域	影響
一般性的防護措施				
防止高風險地區都市化（設置保護區）	道路、鐵路、捷運、內河航運、海運、航空	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	都市化地區，特別是高密度區域
一般的洪災防護措施(堤防與壩)	道路	暴雨	歐盟 1.	海岸與河岸地區 2.對於地層下陷地帶的衝擊更高
路網設計				
高風險地區道路線型改善規劃	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	整個歐洲道路路網
將氣候變遷衝擊納入公路與鐵路路網規劃與決策支援體系：評估與執行方法建立	道路、鐵路	暴雨、乾旱、雪崩	法國	所有路網
非高風險地區道路線型配合調整	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	
排定路網改善優先性	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	所有路網
提高道路鋪面養護效率	道路	暴雨	歐盟	非都市化地區

資料來源：WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012

表 2.2-10 歐盟的調適策略－設施技術與管理部門

措施	設施	氣候類型	區域	影響
誘因與資訊				
提供政策誘因以提高調適措施實施之優先性	道路、鐵路、捷運、內河航運、海運、航空	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	整個歐洲鐵路路網，(所有的歐盟人民可因為這些規範獲益)
預測道路氣候條件	道路		歐盟	整個歐洲道路路網
建置使用者通訊、監測與預警系統				
安裝自動化監測系統	鐵道、捷運	乾旱、暴雨、霜雪	歐盟	整個歐洲城際鐵路網(所有的歐盟鐵路網，總長度約 21 萬公里)
監測舊地鐵系統的溼度與溫度		乾旱	區域(舊路網)	阻止可能危害到車輛與乘客的極端濕度與溫度
監督與維護				
鋪面的維護	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	整個歐洲道路路網
道路旁側的植栽管理				
加強預防性維護行動	鐵道、捷運			減少設施系統故障 減少設施損毀
軌道的植栽管理	鐵道、捷運			整個歐洲城際鐵路網(所有的歐盟鐵路網，總長度約 21 萬公里)
橋樑隧道的調適設計	道路			整個歐洲道路路網
排水設施設計與養護	道路	暴雨	歐盟	整個歐洲道路路網
建設投資				
採用聚合物與纖維材料以增強鋪面強度	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	整個歐洲道路路網
發展因應氣候變遷的彈性鋪面設計規範				
提升邊坡路堤穩定度				
軌道道岔保護措施：洗刷、熱化、掩蓋	鐵道、捷運	雪崩	北歐、中歐、東歐	減少冰雪導致的誤點 增加電力消耗
行控中心設計與防護	鐵道、捷運	暴雨	歐盟	減少損毀成本 若鐵軌僅有少許損壞的加速修復連接
防護電子設備之環控設施（如空調與風扇）	鐵道、捷運	乾旱	伊比利亞半島、法國、中歐、東歐	減少信號與其它電子設備在乾熱時段的故障

資料來源：WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012

表 2.2-11 歐盟的調適策略－運輸服務作業部門

措施	設施	氣候類型	區域	影響
提高災難整備				
建置鐵路和地鐵車站進口之防水閘門	鐵路、大眾運輸	暴雨	英國	防止車站進水而關閉，特別是暴雨洪水的情況
緊急物流供應鏈規劃	道路、鐵路、捷運、內河航運、海運、航空	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	加強對於眾多危機的安全處理
彈性調度車隊管理：拖曳車與物流管理	道路			所有路網、安全供給
制定緊急服務排程表	鐵路、大眾運輸、航空			鐵路、大眾運輸、航空：減少因減班誤點造成的延滯與不可靠度
對駕駛與物流管理者的教育訓練	道路			增進整備事宜與有效率的危機管理
設施的包裝設計/維護	鐵路	霜雪	北歐	現有設施與資產
規劃緊急聯絡人員與客戶名冊並定期更新	道路、鐵路、捷運、內河航運、海運、航空	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	及時將災害期間服務影響資訊傳達給相關人員與客戶
合作關係與結構				
合作夥伴公司（水平式）	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	加強災害管理轉換競爭關係
政府、事業、客戶之間的垂直合作				提高整個供應鏈回復能力(需大量協調機制)
系統設計				
彈性的車隊管理	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	更多簡易災難管理，但可能造成標準狀況時效率降低

資料來源：WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012

表 2.2-12 歐盟的調適策略－車輛通訊技術部門

措施	設施	氣候類型	區域	影響
偵測與通訊				
Car2X 通訊：GPS/TMC 等車間與車路間通訊系統	道路	洪水、冰雪、乾旱、暴雨、土石流、雪崩	歐盟	增進運輸安全與運輸系統作業效率，以減少因氣候現象導致的延滯
交通標誌辨識與剎車穩定控制系統				減少因氣候現象導致的延滯
使用 GSM-R 的車載單元	鐵路	暴雨		安全、事故
工程				
整合車輛能源效率與熱能管理之概念	大眾運輸	全部(特別是霜雪、乾旱、暴雨)	區域	在車輛設計階段引入能源效率與熱能管理之最佳整合性設計
熱能管理/防滑控制/轉移重心	大眾運輸	全部(特別是霜雪、乾旱、暴雨)	英國	
改善通風系統	鐵路	乾旱	歐盟	潛在影響人口(每個平常日有超過 300 萬的旅次)

資料來源：WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012

表 2.2-13 歐盟採用之調適策略評估準則

評估準則	分級	說明
效益	0~3	災害風險減輕程度
可行性	0~3	民眾接受度與技術成熟度
系統彈性	0~3	對於不同災害強度的調適彈性
社會與環境衝擊	-3 ~+3	對於環境與社會造成之衝擊
成本	$	生命週期成本（可能無法預估）

資料來源：WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012

研究結論強調將調適策略納入長期運輸發展計畫推動執行之重要性，並對於車輛技術與營運服務兩方面均給予較高的評分，也就是說，除了設施本身設計調整之外，運用 ITS 系統技術與營運管理部份，也有許多可以著力的措施，可作改善災害應變與調適。

(4) 後續推動工作

歐盟各國國土規劃與運輸規劃體系行之有年，有相當完整的制度來確保重要計畫的執行。一般氣候變遷多由環保部門開始研究辦理，而原來調適相關參數並未納入各部門評估體系，因此有必要對各相關部門專業人員加強培訓，以確保其所提出的計畫已充分考量氣候變遷因子，並依據調適評估成果調整規畫成果。歐盟的氣候變遷白皮書建議有四：

①建立氣候變遷與調適相關知識庫，包含氣候變遷實質影響，生命週期成本與效益，以及與其他部門之關聯性；

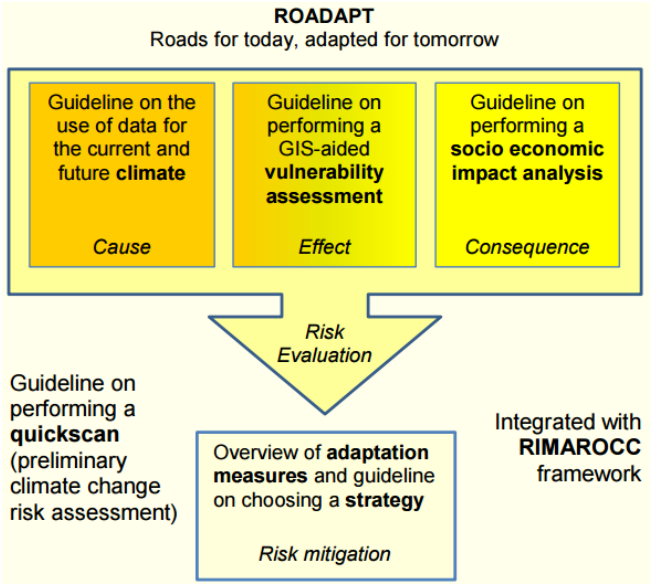
②將氣候變遷影響納入運輸與空間規劃政策；

③編列預算執行氣候變遷行動計畫；

④加強國際交流協調與合作。

2. 丹麥、荷蘭、挪威、德國 ROADAPT 研究

歐盟各國的威脅度評估方法種類高達 40 多種，在道路設計不同、道路特性也不同的前提下，ROADAPT(Roads for today, adapted for tomorrow)目的是提供衡量風險的統一規範，了解氣候變遷對於道路設施的影響，ROADAPT 風險評估概念，如圖 2.2.11。



資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation， Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

圖 2.2.11 ROADAPT 風險評估概念

(1) 研究架構與流程

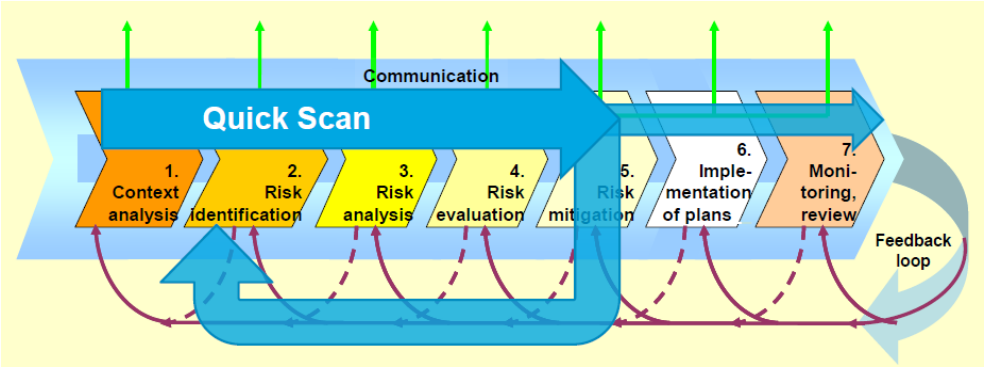
①QuickScan 法

以 RIMAROCC 架構為基礎，QuickScan 法簡化其步驟 1~5，減少繁雜的風險定義分析流程，快速的進入反應策略階段，以最少的資源獲得最大的對策，其簡化重點說明如下。

(a)不需要額外的量化分析工具。

(b)透過專家學者座談會，廣納意見，啟動半量化衡量表。

(c)只針對重大威脅力，進一步研擬詳細的進程。



資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation，Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

圖 2.2.12 QuickScan 流程圖

②專家學者座談會

透過專家學者的實戰經驗，從既有的資訊推論出最具有潛在的威脅區域，並研擬配套的調適行動方案，總共 3 場座談會，每場半天。各場座談會與談重點如下。

(a)第一次座談會：決定優先事項如氣候變遷衝擊、氣候參數、脆弱度因子。

(b)第二次座談會：決定高風險地區。

(c)第三次座談會：針對高風險地區研擬因應對策。

(2) 指標系統與脆弱度評估

①相關威脅的選擇

風險來源與可能的相關威脅，依照氣候、場域相關、設施本身三項因子劃分，以坡災為例，畫製表格如下。

Threat description		vulnerability factors	
Threat main	**Threat sub**	**Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability**	**Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability**
Landslips and avalanches	External slides, ground subsidence or collapse, affecting the road (including eg. embankments aside the road)	Earthworks, pavements, drainage, foundation	Natural slopes, underground cavities, loss of vegetation
	Slides of the road embankment	Earthworks, cut and fill slopes, retaining walls, embankment materials (clay/silt = higher vulnerability), slope angle (higher slope angle = higher vulnerability)	Hilly and mountaineous areas
	Debris flow	Drainage, embankment vegetation, erosion protection works	Mountainous areas, loss of vegetation
	Rock fall	Manmade cracks: road cut/blasting, rock fall protection works	Mountainous areas
	Snow avalanches	Distribution of avalanche protection works	Mountainous areas, avalanche tracks

資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation， Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

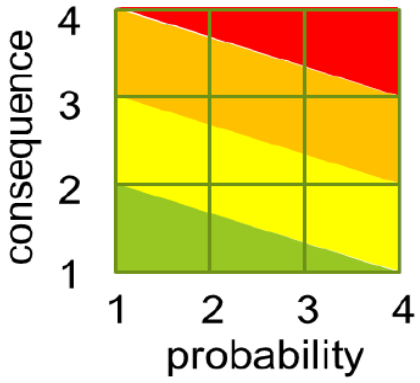
圖 2.2.13 風險來源與脆弱度表格

②半量化風險分級

(a)機率與後果，不以量化法評估，而以衡量表直接給定分級。

(b)納入專家判定，由專家學者決定分級。

(c)選定地點，依照交通量敏感度、經濟貿易區、重複性路段類型區分為三個程度的重要度：很重要(high importance) 、一般(medium)、不重要(low importance)。



資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation， Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

圖 2.2.14 半量化風險評估衡量表

③評估分級

(a)根據六項指標將後果分級，指標內容包含可用性(availiabity)、安全性(safety)、周邊設備(surroundings)、直接財務損失(direct technical costs)、聲譽(reputation)、與環境(environment)。

(b)以安全性為例，評估標準共分為 4 級，如表 2.2-14。

表 2.2-14 安全性評分表

分級	評分描述
1	無衝擊
2	處於可接受度的界線、輕微損害、財產受損
3	不可接受、事故發生頻繁、嚴重損害、可能造成傷亡
4	災難性影響

資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation，Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

(b)以直接財物損失為例，成本包含事故損失或修復支出，評估標準共分為 4 級，如表 2.2-15。

表 2.2-15 直接財務損失評分表

分級	評分描述
1	少於$25K 歐元
2	介於$25K~$100K 歐元
3	介於$100K~$500K 歐元
4	超過$500K 歐元

資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation，Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

④發生機率分級

在 QuickScan 法中，建議以最嚴重的狀況作為假設的情境，並透過場域相關與設施本身因子調整一致性。發生機率分級，如表 2.2-16 所示。

表 2.2-16Quickscan 法採用之發生機率評分表

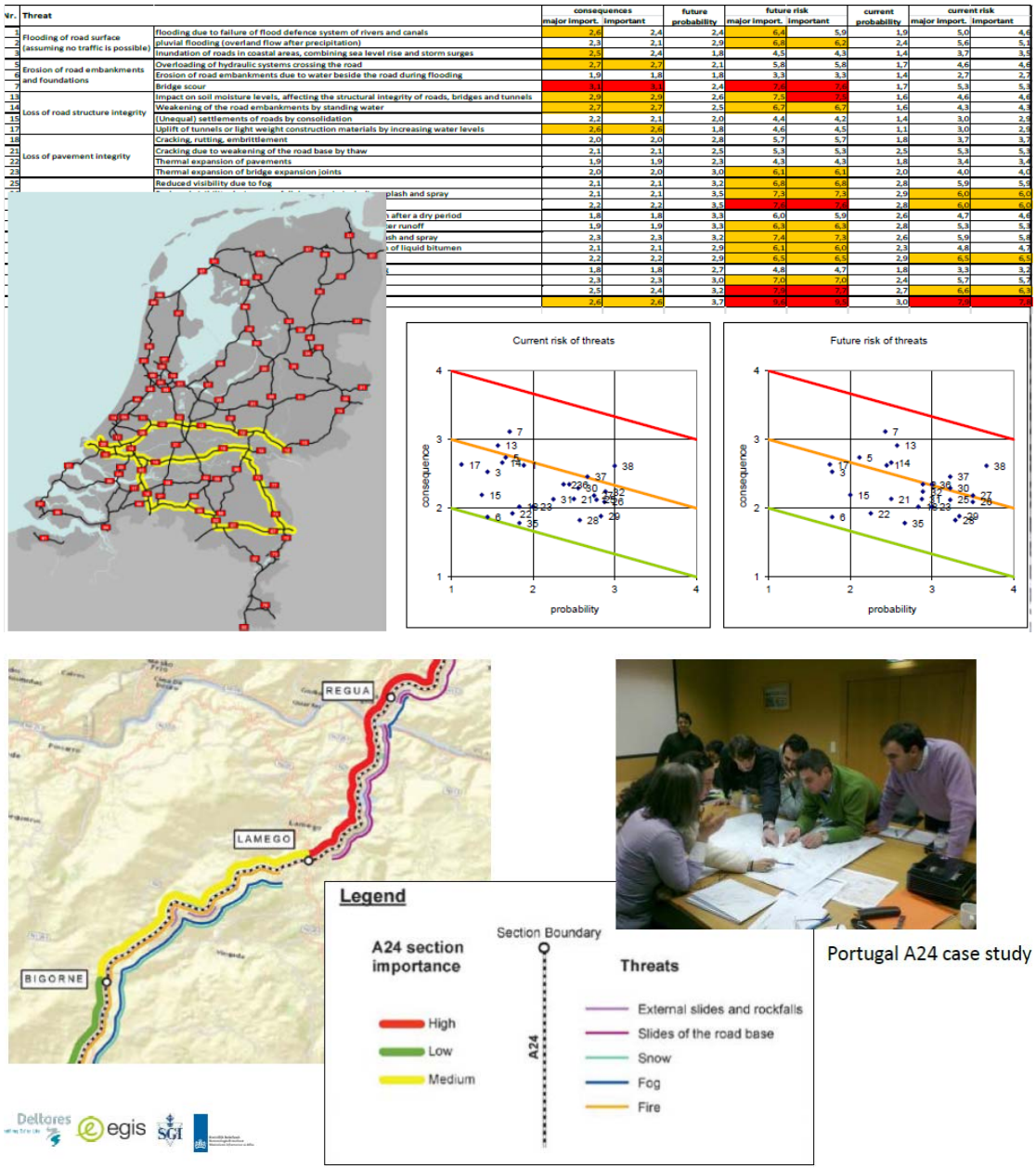
分級	頻率	發生次數
4	經常	3 年內發生超過一次
3	偶爾 3~10	年發生一次
2	很少 10~	50 年發生一次
1	非常稀少	發生次數超過 50 年

資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation，Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

(3) 工程評估與調適策略

①Rotterdam-Ruhr 案例分析

經由專家學者座談會，利用半量化風險評估分析表，根據風險類型，針對各路段逐一重要性，由專家學者給予等級分數，最後將嚴重威脅度套疊在 GIS 地圖上。重要表格與成果，如圖 2.2.15。



資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation， Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

圖 2.2.15 QuickScan 風險評估案例

(4) 後續推動工作

對於具高度潛在威脅的路段，由專家學者，進一步研擬反應作為。

①決定哪個路段受到威脅性最高；

②決定維護頻率、使用年限；

③決定氣候變遷造成的影響；

④調適作為與無作為比較；

⑤決定調適策略，如表 2.2-17。

表 2.2-17 Quickscan 法採用之策略分類

分類	反應作為	
1	持續觀察或研究以減少不確定性	
2	執行最少的作為	
3	調適手段	改善目前的維運策略
		增強維運強度
		發展配套措施
		執行合適投資如強化設施

資料來源： International Pratices on Climate Adaption in Transportation，Finding from a virtual review，Synthesis Report， FHWA， January 2015。

2.2.3 日本

1. 國土交通省災害風險評估

(1) 架構與研究流程

日本國土交通省因應氣候變遷課題，成立「淹水策略檢討委員會(気候変動に適応した治水対策検討小委員会)」，主要討論有關淹水災害之調適策略。從 2007、2008、2014、2015 年共召開 22 次之會議，其中 2008 年 9 月針對災害風險評估方法進行討論，說明如下。

①過去淹水文獻與資料

了解過去之研究成果與經驗，評估是否可借鏡之分析方法。

②根據外力程度(高、中、低)，執行徑流分析與淹水分析

以現況環境為基礎，分析現況外力與未來外力(氣候變遷)之影響；另外依據地形、上游、下游與安全程度，需考量實際淹水之允許範圍。

③根據淹水分析結果區分淹水類型

④根據淹水類型計算損害、影響之增加程度

(考量未來外力之損害影響)－(考量現況外力之損害影響)

＝損害影響之增加程度

⑤不同淹水類型損害影響之防護措施

應根據不同淹水類型設定安全程度。

⑥檢討不同淹水類型之調適策略

a. 依不同之調適策略組合，減輕或避免損害影響力。

b. (現況環境損害影響力)－ (執行調適策略後損害影響力)=效果

c. 淹水類型別、小區域別之調適策略

d. 檢討調適策略

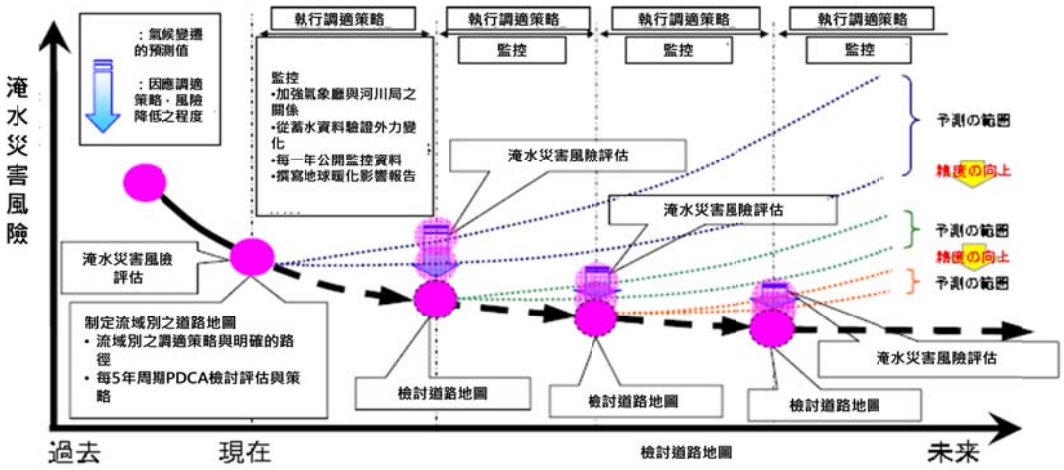
e. 如有調適策略替代方案，需相互比較評估

(2) 工程評估與調適策略

以 5 年為周期，利用 PDCA 執行評估與策略。依據不同時期，執行調適策略，可有效降低災害風險，如圖 2.2.16 所示。

(3) 後續推動工作

依據評估成果，淹水策略檢討委員會近年陸續公佈氣候變遷調適策略，供各相關單位依公告策略執行相關政策。



資料來源：「災害リスクの評価検討に関する基本的な考え方」，國土交通省淹水策略檢討委員會第 9 次會議，2008 年 9 月。

圖 2.2.16 日本國土交通省之淹水災害風險評估與策略

2. 國土交通省氣候變遷淹水災害調適策略

內閣於 2015 年 11 月 27 日決議「氣候變遷調適計畫」，而國土交通省於 2015 年 8 月公佈「淹水災害之氣候變遷調適策略方向」，以下針對此 2 單位之調適策略進行說明。

(1) 內閣組織「氣候變遷調適計畫」

因氣候變遷造成短時間豪雨、旱災頻率增加、超強颱風增加等，而豪雨造成地下水問題、停電、地下鐵之影響，旱災、水災或水質惡化等下水道設施影響，豪雨或颱風造成坡地災害影響，因應以上影響制訂調適策略達到事前之預防，以下摘錄與交通相關調適策略。

①物流之調適策略

為促進貨主與物流業者之業務發展，需持續推廣 2014 年完成之規劃內容。當災害發生時，為了順利將救災物資運送及儲存，需隨時掌握、擴充與檢討地方政府、倉庫業者、相關物資業者之救災物資管理狀況。另外，配合未來持續推廣軌道貨運，需考量當颱風、雪崩、坡災等發生時之貨運應對策略。

②軌道之調適策略

以危害地圖為基礎，預測可能面臨淹水災害之地下鐵車站，其出入口、隧道等訂定防淹水策略；另需考量嚴重大雨造成之坡地災害，軌道設施需事前預防落石、土石流所造成之損傷。

③港埠之調適策略

由於淹水損傷、海面上升將降低貨物裝卸效率，因此需維持停泊設施、防波堤、防潮堤等機能。

④機場之調適策略

靠近沿岸之機場，需繪製假設淹水之危害度地圖，並檢討提供災害風險資訊機制，機場使用者掌握相關資訊。

⑤道路之調適策略

當災害發生時，需確保警消、自衛隊等可迅速安全移動之緊急道路，並強化「道路休息站」之防災機能。另外，災害發生時，需儘早掌握損傷狀況，支援人命急救或輸送緊急物資之道路開啟與復

原；當部份道路緊急關閉時，需應用 ICT 技術，迅速將相關資訊提供給需要之使用者。

⑥交通安全設施等之調適策略

當災害發生時，為了確保有安全順暢之道路交通，需持續維護交通管理中心、交通監視器、車輛感應器、交通資訊板等交通安設施，並適時有效執行交通管制，以達其效果；另外，防止災害發生時因停電而造成信號功能停止，需持續維護信號機電源附加設備。

有關氣候變遷對於交通、公共設施等之影響，相關研究案例較少，未來建議持續進行調查研究；相關單位包含國土交通省、警察廳、厚生勞動省、環境省。

(2) 國土交通省「淹水災害之氣候變遷調適策略方向」

透過災害風險之評估，包含災害風險資訊共享、具體之損傷程度設定、最大規模之外力設定等，事前掌握詳細資訊，預防災害發生之餘，完整規劃災害發生時應變措施，使災害降至最低。以下針對淹水及坡地災害之調適策略方向，簡易說明。

①淹水災害之調適策略

(a)發生頻率較高外力之調適策略

對於發生頻率較高之外力，需持續維護更新現有與規劃中之設施，並構思防止淹水災害發生之防災策略。另外，需預測因氣候變遷造成之未來外力，助於考量完整之附加策略。

(b)超越設施強度外力之減災策略

對於超越設施強度之外力，需透過設施之運作、架構、維護方法等規劃減災策略，並考量災害風險之都市・地區計畫，完善之避難規劃、順暢之緊急移動、加強企業間之協助，盡量減少災害之嚴重性。

②坡地災害之調適策略

對於氣候變遷影響之坡地災害，需針對以下方向規畫策略。

(a)大雨或短時間強雨發生頻率增加，坡災發生頻率亦增加。

(b)因突發性局部大雨增加，造成僅短時間避難坡地災害增加。

(c)因颱風強度增強，總雨量超越 1，000mm，造成深層崩壞之坡地災害發生頻率增加。

(d)因超越歷史紀錄之大雨發生頻率增加,造成土石流超越流域範圍，不熟悉之山谷地形發生坡地災害之頻率增加。

(e)因颱風之強風使樹木倒塌，土石流伴隨著木材衝下，亦造成漂流木災害頻率增加，易造成河川氾濫、水庫取水困難等。

(f)考量災害風險之土地使用與生活方式。

2.2.4 國際案例之綜合檢討與借鏡

近年來，世界各國多已承認氣候變遷會對地球造成相當嚴重的影響，因此，不論在節能減碳(減緩) 或降低設施損害的損失(調適)，均開始投入各方面資源，希望能減緩全球暖化的速率；而若是災害真的發生，也希望及早採取預防措施，以減少損害。前面各小節回顧了以世界各地區代表性調適方面的研究。今將成果彙整並檢討如下，回顧重點在於(1)方法論之建立；(2)如何儘量利用已有資料，快速確認熱點位置，儘速與以補強；(3)各國面對不同氣候類型提出之調適策略及未來研究方向；以及(4)如何納入行政體系，持續推動。

1.國際案例之綜合檢討

面對氣候變遷極端氣候，經常被討論的災害類型包括海平面上升後提高淹水風險、降雨量減少與乾旱的增加、暴雨次數的增加、霜雪凍土等，茲將各案例因應不同災害類型提出之調適策略彙整於表 2.2-18，並針對世界各國對調適方面的研究方法與執行案例，綜合說明如後：

(1) 歐盟 WEATHER 計畫是研究氣候變遷風險的一個大規模研究，是一個在氣候變遷類型與運具評估部分都相當完整的經濟性的研究，由於歐盟相互依存度高，故某些重要設施的損害可能影響大區域的運輸與經濟，因此歐盟辦理此大範圍的計畫，全面性探討氣候變遷下各交通設施對歐洲經濟的重要性，以及那些重要設施會有較高的經濟風險，以利及早開始各會員國間氣候變遷政策之協調工作。更重要是考量如何納入預算審議行政體系與各會員國間成本分攤機制。

(2) 美國墨西哥灣研究，則是以脆弱度來建立設施本身修復或補強的優先順序，與如何採用規畫設計維修等調適策略來降低可能損失，對於工程研究比較深入，而不探討總體經濟層面問題。

表 2.2-18 因應不同氣候變遷類型之調適策略

氣候變遷類型	因應策略
暴雨次數的增加	● 改善洪災防護措施(堤防與水壩) ● 建置使用者通訊、監測與預警系統 ● 將氣候變遷衝擊納入公路與鐵路路網規劃與決策支援體系，建立評估與執行方法 ● 針對歐洲城際鐵路網安裝自動化監測系統 ● 強化軌道系統與道路旁側的植栽管理 ● 排水設施的設計與養護 ● 提升道路邊坡與路堤穩定度 ● 建置鐵路和地鐵車站進口之防水閘門 ● 鐵路使用 GSM-R 的車載單元 ● 預測可能面臨淹水災害之地下鐵車站，其出入口、隧道等訂定防淹水策略 ● 發展因應氣候變遷的彈性道路鋪面設計規範 ● 彈性調度車隊管理：拖曳車與物流管理 ● 即時掌握、擴充與檢討地方政府、倉庫業者、相關物資業者之救災物資管理狀況 ● 制定緊急服務排程表 ● 整合車輛能源效率與熱能管理之概念 ● 定期維護停泊設施、防波堤、防潮堤等之機能 ● 設施在設計階段便應考量到暴雨侵蝕的影響 ● 減少坡度傾斜程度，避免過於陡峭的坡度設計 ● 提高工程結構的規模數量(液壓結構、過河段加高) ● 提升道路鋪面的排水能力 ● 重新調整自來水道 ● 採用不透水的封閉式材料或其他防水材料 ● 規劃洪災風險管理計畫，特別是道路封閉時的替代道路、緊急警告系統、緊急情況的通訊方法 ● 更新公路排水系統與設計標準 ● 裝修抽水設備 ● 統計洪災熱點 ● 面對因洪災造成的汙染廢料的汙染防制措施 ● 改善因能見度降低時的道路燈光照明 ● 研究如何穩固斜坡以降低因暴雨導致山崩的損失 ● 利用移除土壤潮濕的技術，避免其造成道路、橋樑與隧道的結構完整性惡化
風力的增強 (颶風、颱風)	調整支撐物和錨具的設計 設置防禦系統，例如防風牆、種植防風林如紅樹林 加強溝渠維護的頻率 改善通訊系統和警急通報網絡 評估吊橋、標誌和高樓的整體結構

資料來源：本計畫彙整。

表 2.2-18 因應不同氣候變遷類型之調適策略(續)

氣候變遷類型	因應策略
降雪凍土與冰河覆蓋	● 提升道路鋪面養護效率、道路旁側的植栽管理 ● 針對歐洲城際鐵路網安裝自動化監測系統 ● 軌道道岔保護措施：洗刷、熱化、掩蓋 ● 整合車輛能源效率與熱能管理之概念 ● 整合車輛能源效率與熱能管理之概念 ● 發展因應氣候變遷的彈性道路鋪面設計規範 ● 彈性調度車隊管理：拖曳車與物流管理 ● 即時掌握、擴充與檢討地方政府、倉庫業者、相關物資業者之救災物資管理狀況 ● 制定緊急服務排程表 ● 利用熱對流使路堤凍土排熱 ● 對凍土隔熱以減緩解凍 ● 土讓穩固研究與技術，以減少土壤基層凍化 ● 使用高反光性道路鋪面以極小化熱的傳導 ● 結構性評估道路的結構物因凍土解凍造成的下沉和弱化
降雨量減少與乾旱的增加	● 針對歐洲城際鐵路網安裝自動化監測系統 ● 將氣候變遷衝擊納入公路與鐵路路網規劃與決策支援體系，建立評估與執行方法 ● 提高道路鋪面養護之效率 ● 強化軌道的植栽管理 ● 針對歐洲城際鐵路網安裝自動化監測系統 ● 監測舊地鐵系統的溼度與溫度，阻止可能危害到車輛與乘客的極端濕度與溫度 ● 軌道系統的植栽管理 ● 防護電子設備之環控設施（如空調與風扇），減少信號與其它電子設備在乾熱時段的故障率 ● 改善通風系統 ● 發展因應氣候變遷的彈性道路鋪面設計規範 ● 彈性調度車隊管理：拖曳車與物流管理 ● 即時掌握、擴充與檢討地方政府、倉庫業者、相關物資業者之救災物資管理狀況 ● 制定緊急服務排程表 ● 整合車輛能源效率與熱能管理之概念 ● 採用富有彈性的道路鋪面、抗乾燥材料 ● 增加儲水容器並且降低滲透的措施，以補給含水層和減少地表逕流流失 ● 重新植被耐乾旱物種 ● 使用可控制侵蝕的材料 ● 運用顆粒防護 ● 導入一個可因應降雨減少情狀的反應機制 ● 維持土壤溼度和營養水平

資料來源：本計畫彙整。

表 2.2-18 因應不同氣候變遷類型之調適策略(續)

氣候變遷類型	因應策略
海平面上升後提高淹水風險	● 提供保護主體結構設施 ● 提高現有設施高程 ● 改善排水設施 ● 發展因應氣候變遷的彈性道路鋪面設計規範 ● 彈性調度車隊管理：拖曳車與物流管理 ● 即時掌握、擴充與檢討地方政府、倉庫業者、相關物資業者之救災物資管理狀況 ● 制定緊急服務排程表 ● 定期維護停泊設施、防波堤、防潮堤等之機能 ● 臨近沿岸之機場，需繪製假設淹水之危害度地圖，並檢討提供災害風險資訊機制 ● 使用適當的結構材料，並提供適當防護 ● 提高道路與鋪面的海拔高度 ● 建設海堤、防波堤、溝渠、亂石、排水設施 ● 道路重新配置 ● 種植有利於防水的植被，如紅樹林 ● 種植人造珊瑚 ● 以鋼筋水泥取代金屬水渠 ● 發展與檢討洪水風險管理計畫 ● 針對受海平面上升影響的潛勢區域的公路設施重新設址
溫度上升	● 使用較耐熱、防火的材料 ● 重新配置交通控制設備的位置，減少受曝日照時間 ● 改善防火設備的覆蓋率 ● 強化電子儀器的冷卻與通風 ● 在受地表鹽化的地點使用抗腐蝕油漆

資料來源：本計畫彙整。

(3) 墨西哥灣研究相較於歐盟 WEATHER 計畫，可說是代表工程面與經濟面的兩個端點，WEATHER 著重於政策層面探討，而墨西哥灣研究著重於執行。其他各案例則是依據其各自的研究目的與現有資源，彈性調整所採用的①氣候變遷類型，②經濟指標的精細度與③設施承受氣候壓力的工程特性量化方式。

(4) 歐盟各國也各自發展其脆弱度與風險評估，RIMAROCC 與 ROADAPT 即是德國、丹麥、荷蘭與挪威所採用的基本架構，RIMAROCC 是完整的風險研究架構，而 ROADAPT 則建議用簡易的專家判斷來縮短研究時間，而將研究重點放在後續的調適策略與工程研究，以利落實值型調適方案。

(5) 不論是脆弱度評估或是風險評估，都牽涉到大量的資料蒐集工作，雖然許多資料均已數位化，但紙本的資料仍然相當多，例如要找出所有重要設施當年的設計值，就非常耗費人力。又例如，各地氣候預

測可能各有限制，精細度不一。為儘速推動調適策略，各案例均建議大家儘量採用現有的資料，必要時運用專家與負責的工程師的判斷，以求在有限的資源儘速找出脆弱熱點，以利推動實際調適補強措施。墨西哥灣研究掌握設施特性與氣候預測資料最詳盡，而歐洲國家如丹麥與荷蘭則認為根本不要做全面性研究，建議以專家意見迅速找到若干脆弱路段，予以補強。這樣的做法，雖然可能有些遺漏的風險，但這是在有限資源下，不失為有效做法。

(6) 除歐盟 WEATHER 計畫之外，其他各脆弱度或風險評估計畫，均是採用指標來量化脆弱度或風險，並作為篩選的依據。基本上考慮以下四種因素，

a.設施重要性；

b.氣候因素，研究之氣候類型在該區位發生的可能性與嚴重性；

c.設施安全特性，設施在該氣候類型發生時之抗壓性；

d.運輸系統回復能力，在受災情況下維持運轉的能力。

脆弱度評估會比較著重探討設施在氣候類型下的安全性，而風險評估則著重探討氣候變遷災害發生的損失或社會成本。

①在設施的重要性方面，由三個面向來加以界定。

a. 社經價值

b. 使用或營運特性

c. 安全與維生

由於在災害發生時安全與維生是最重要的考慮，因此，Gulf Coast St udy 將所有緊急道路系統(Emergency Highwa y Syst em, or Evacuation Routes, or National D efense System)均列為重要設施而納入脆弱度評估。另外，除了統計數字外，也強調該納入當地關係人(stakeholders)的意見。而在指標量化程度部分，有用簡單分級者(紐約州)，也有用精細權重量畫者(加州)，WEATHER 計畫更是直接估算損失成本，不用指標。可見在相同的研究架構下，在作業流程上也應保留彈性已反映地方特性。

②在設施安全度部分，Gulf Coast Study 較精細，而丹麥荷蘭則採用專家意見，而將該部分的資料蒐集納入後續的工程分析工作中。

③在調適策略部分，多運用經濟性，工程性與環境方面考量，訂立多變量指標加以評估，這是由於氣候變遷未來年期程較久遠，因而無法採用傳統的經濟效益分析，如何用更精細的方式來選出最適調適策略，是未來研發重點。

④在未來工作部分，除了將現有方法指標細緻化外，各案例都強調後續納入行政體系的重要性。此外，權責機關互相協調的機制也是刻不容緩的課題。

2. 國際案例之借鏡

(1) 由歐洲與美國對風險與脆弱度的研究中，可了解各級政府在研究範疇，目標訂定與技術研究所扮演的角色，中央政府單位工作在於調適政策的具體化，而地方政府道路主管機關則著重工程分析與方案落實。由文獻中可看出世界各國由區域而逐漸收斂至設施基地的過程，以及各階段技術評估的重點與後續工作連續的重要性。

(2) 本計畫試圖整合各相關單位之研究成果與數位化資料，做為探討氣候變遷風險的基礎，並於研究過程中徵求各相關單位工程師與維修人員意見，做法與國際案例相符。我國的做法是界於 WEATHER 研究與墨西哥灣研究之間，對於設施重要性的量化較墨西哥灣研究精細，但研究目的則與墨西哥灣研究較為接近，要經由熱點的篩選而調適補強現有設施。

(3) 臺灣為海島型氣候，近年來飽受極端氣候襲擊之苦，氣候變遷衝擊，已不是高未定性的議題。因此，未來工作重點應強調調適策略的推動與執行，並應儘速將設施脆弱度指標列入預算審議機制，每年編列調適預算，針對最高脆弱度者加強監測，並辦理設施補強工作，以降低災害損失。

(4) 在預算審議機制部分，可參考紐約州做法，將設施回復力包含在預算審議的五個評估因子中，即須考量 SMART(Safety, Mobility , Accessibility, Resilience& Transportation/Environment) 安全、機動性、可及度、回復力與運輸與環境等五種改善指標。

2.3 國內外氣候變遷調適資訊平台

因應氣候變遷與其所衍生之災害影響，各國日益重視極端氣候對於維生設施、農業、社會經濟等所潛在影響風險，逐針對不同領域進行風險評估，或結合各國在溫室氣體減排、氣候調適等的自主方案，建構分析資訊平台。前期研究所蒐集之國內外氣候變遷調適資訊平台主要著重於平台之介面與功能設計，用於建置本計畫之調適資訊平台，因平台已建置，故今年度之回顧著重於說明各平台所提供之調適資訊內容，並更新平台之資訊，提供作為後續本計畫平台後續發展與更新之參考。

2.3.1 國內氣候變遷調適資訊平台

蒐集與分析國內氣候變遷調適之資訊平台，包含氣候變遷調適科技整合研究計畫平台、氣候變遷研究聯盟平台(CCLICS)、環保署環境通訊網氣候變遷專頁、氣候變遷調適教育課程教材與學習平台、D.M.I.P.災害管理資訊研發應用平台、Safe Taiwan 等，如表 2.3-1 所示。主要說明平台所提供之內容與相關氣候變遷調適資訊。

表 2.3-1 國內氣候變遷調適平台一覽表

平台名稱	計畫單位	網址
氣候變遷調適科技整合研究計畫(TaiCCAT)	國科會	http://taiccat.ncu.edu.tw/intro/super_pages.php?ID=intro0
臺灣氣候變遷推估與資訊平台(TCCIP)	科技部	http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/index.aspx
氣候變遷研究聯盟 (CCLICS)	科技部	http://cclics.rcec.sinica.edu.tw/index.php
環保署環境通訊網氣候變遷專頁	環保署	http://enw.e-info.org.tw/climate_change
氣候變遷調適教育課程教材與學習平台	教育部	http://140.134.48.19/
Safe Taiwan	公路總局	https://www.safetaiwan.tw/
D.M.I.P.災害管理資訊應用平台	科技部	http://dmip.tw/
共築方舟-氣候變遷調適入口網	國發會	http://www.tcap.ndc.gov.tw/
災害潛勢地圖網站	防災科技中心	http://satis.ncdr.nat.gov.tw/Dmap/

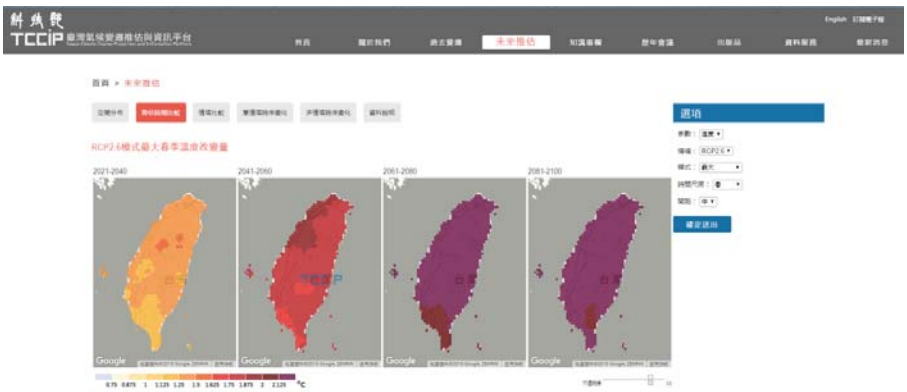
資料來源：本計畫彙整。

1. 氣候變遷調適科技整合研究計畫(TaiCCAT)計畫

行政院國家科學委員會提出 TaiCCAT 的目標為藉由氣候變遷調適科技之跨領域推動,形成因應氣候變遷衝擊之科學基礎,提供政府決策參考;換言之。其服務對象包括中央部會、地方政府、學術單位、科技產業、民間組織等。在通過前國家災害防救科技中心、國發會等主管部會，透過氣候變遷調適科技整合研究計畫(TaiCCAT),由各部會包含交通部、水利署、中研院、環保署、各縣市政府等。

2. 臺灣氣候變遷推估與資訊平台 (T CCIP)

臺灣氣候變遷推估與資訊平台提供計畫之相關會議紀錄與資料、提供過去氣溫、雨量、濕度與風速之過去變遷與未來預估之資訊，作為調適政策之佐證。過去變遷的資料之來源為全國共 25 個測站，統計之時間分為季與月。網格的資料以空間分布、時序變化與分區比較等方式呈現。未來預估使用過去變遷之資料為基準，模擬 4 個情境，多個模式預測溫度與雨量，推估時間自 2021 年自 2100 年，每 20 年為一個級距。顯示方式包含空間分布、推估時間比較、情境比較、單情境時序變化與多情境時序變化等。平台提供數據資料下載作為研究使用，包含網格化資料 (1960~20 12 年全台 5 公里解析度月降雨、平均溫度、最高溫及最低溫)、推估資料 (IPCC AR4 & AR5 大氣海洋環流模式 5 公里解析度推估未來 2020~2100 年月溫度、雨量資料)、推估資料 (WRF 5 公里動力降尺度推估(使用 AR4 資料),臺灣月降雨指數(TRI-m)：1901~2000 年測站月降雨指數時序等。平台同時彙整國內外氣候變遷相關新聞與知識平台。

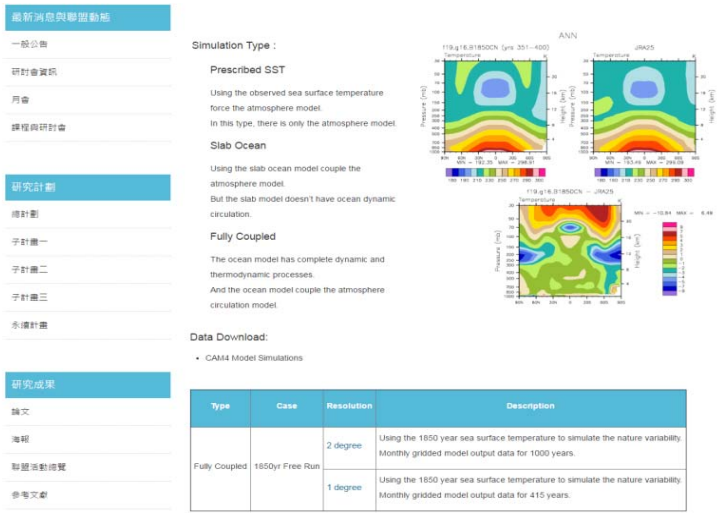


資料來源：http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/future_time.aspx，105 年 7 月。

圖 2.3.1 平台之溫度推估時間比較模擬圖

3. 氣候變遷研究聯盟(CCLICS)

氣候變遷研究聯盟由科技部辦理，此平台主要提供此計畫在模式建置與發展，以及氣候變遷與變異研究之相關成果。模式建置與發展包含地球系統模式與高解析全球大氣模式、氣膠與雲微物理、區域氣候模式的建構與發展。氣候變遷與變異研究包括偵測與歸因、劇烈天氣、高解析氣候變遷模擬推估、氣候變遷機制模擬、CMIP5 全球與季風氣候變遷評析。平台提供之調適資料包括模擬平台與氣候變遷之資料庫，利用社區地球系統模式(CESM)所模擬之全球海平面溫度、氣候變異、未來氣候變遷造成之海平面上升、資料庫所有的數據皆可直接下載進行操作，平台亦整合研究推動平台，包括國內研究整合、人才培育與國際合作等資訊。



資料來源：
http://cclics.rcec.sinica.edu.tw/index.php/databases/data/199-natural-variability-simulation.html，105 年 7 月。

圖 2.3.2 調適平台之數據資料下載提供

4. 環保署環境通訊網氣候變遷專頁

此平台由行政院環保署建置，目的為以新聞與影片之形式，介紹各環境節日，並整理產、官、學以及公民對於環境議題的看法與行動，讓民眾了解國際及臺灣環境保護浪潮與趨勢。平台彙整許多環境與氣候變遷相關之資訊，環境教育之領域包含氣候變遷、災害防救、自然保育、公害防治、環境及資源管理、文化保存、社區參與、學校及社會環境教育等項目之相關新聞、研究、資訊與報導。另外提供社區參與之教育活動資訊。



資料來源：http://enw.e-info.org.tw/community_participation，105 年 7 月。

圖 2.3.3 環境通訊網之社區參與活動資訊

5. 氣候變遷調適教育課程教材與學習平台

此學習平台為教育部之計畫，透過規劃與提供氣候調適變遷之相關課程，如全臺氣候變遷調適之學程資訊、課程內容與師資群，透過高等教育之課程安排提供學習氣候變遷之基礎。課程內容包含氣候變遷與都市調適、環境變遷與災害防制、氣候變遷與永續發展等面向。此平台亦提供氣候變遷之相關研討會與會議資訊、國內及國外之氣候變遷新聞。



資料來源：http://140.134.48.19/，105 年 7 月。

圖 2.3.4 學習平台之課程與公告

6. 臺灣氣候變遷調適科技知識平台

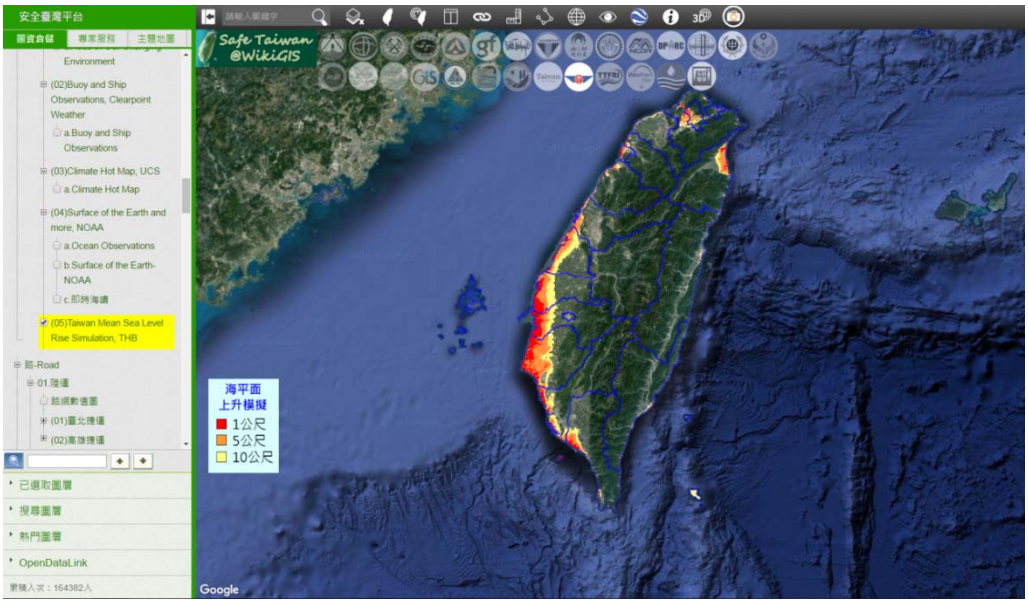
強調透過科學報告、知識平台、示範計畫、評量系統、科技路徑、國際網絡 6 大研究工作，累積國內研究能量，提供臺灣氣候變遷調適研究的科學服務；開發支援決策系統，透過 7 步驟：1.界定問題/設定目標；2.評估現況暴露度/脆弱度；3.評估未來暴露度/脆弱度；4.界定調適選項；5.評估調適選項；6.執行/規劃調適措施；7.監測與評價，提出臺灣氣候變遷調適科技推動的政策建議。

此平台針對氣候變遷調適提供相關字彙庫與文獻資料庫供查詢，亦包含每個項目的研究成果，如都市發展與熱島效應、氣候變遷與臺灣乾旱問題、極端天氣所引起之山區災害、海平面上升趨勢、區域發展之衝擊、未來海堤安全預測分析等，供相關研究者參考。

7. Safe Taiwan

為因應國內逐年加劇的災損情形，公路總局自 99 年起推動「公路防救災 GIS 決策支援系統」，串聯國外防災應用開放資源及本國各政府機關之寶貴圖資與即時訊息通報，達成避災、減災、防災與決策目的，成效卓著。於 101 年，採用 Google 地球企業版(Google Earth Enterprise)的雲端技術與開放式開發環境為底，除涵蓋前述系統防災預警的功能性與目的性，同時推動「全生命週期工程管理」，從公路規劃、新建、養護、防救災、公路監理、交通管理、公共運輸管理等 7 大領域之資源得以於內部共享整合應用。

此平台透過整合人群分布圖資，包含行政區、地標等，水資源圖資，如降雨量統計、水文分布、海平面上升模擬等，地質圖資，包含山崩潛勢、地質敏感區、流域地質與土壤液化地區等，地震圖資，如版塊構造及邊界、地殼構造等，道路資訊圖資，如陸運之路網圖，海運及空運之地點、自行車道等，路橋資訊，如橋梁與隧道與路網數值圖，災害圖資，包含風災、水災、地震、土石流、火災等。藉由上述圖資資料提供民眾實際操作與瞭解氣候變遷所產生之災害於各層面上之不同影響，提供用路人理解與判斷道路使用之安全，建立全民防災之概念，共同提升公路道路安全。



資料來源：http://www.safetaiwan.tw/web2/main.php，105 年 7 月。

圖 2.3.5 Safe Taiwan 之 Google Earth 模擬圖資

8. D.M.I.P.災害管理資訊研發應用平台

由科技部主辦 NCDR 執行之災害管理資訊平台，目的為整合部會署之研發能量與資源，強化各級政府橫(縱)向之資訊、資料流通交換，各項主題領域包含大規模崩塌災害防治科技、洪水災害防治科技、氣候變遷之災害衝擊與調適、旱象與水資源、地震災害防治科技、災害防救資訊服務平台。此平台亦彙整氣候變遷之相關新聞與研討會訊息，提供民眾一站式瀏覽各單位在氣候變遷計畫所執行之相關成果。

9. 共築方舟—氣候變遷調適入口網站

此平台由行政院國家發展委員會」委託「台灣環境資訊協會」辦理維運。此平台除揭示氣候變遷衝擊、脆弱度與調適等資訊的溝通能力，是落實國家氣候變遷調適政策的重要條件外，目的在將氣候變遷調適的溝通與調適提昇，並發展網路工具，推廣氣候變遷調適大眾科普知識，期待透過網路整合資訊和諮詢的平台，達到資訊交流、教育、與溝通的多項目標，並帶動全民共同參與、推動各項具體的調適政策與行動。

平台提供氣候變遷之基礎知識與名詞定義、國內外相關氣候調適和氣候變遷新聞、影音與活動訊息、氣候變遷調適案例與專家專欄等，期望有效推廣氣候調適科普知識。提供「國家氣候變遷調適政策綱領」8 大調適

領域(災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性、健康等)主協辦機關及地方政府與其他部屬機關相關連結與調適資訊，整合各部會署及地方政府所提之調適行動計畫，冀從諸多計畫中，彙整適合我國總體調適計畫與各調適領域之優先行動計畫。

10.災害潛勢地圖網站

此平台彙整相關部會產製圖資，如經濟部中央地質調查所環境地質基本圖、經濟部水利署淹水潛勢圖、農委會水土保持局土石流潛勢溪流、交通部公路總局重點監控路段、衛生福利部社福機構、縣市政府災民收容所等，提供地方政府做為汛期整備之參考資料，並於建置此網站提供「災害潛勢地圖籍」、「災害潛勢數值資料」及「線上 GIS 查詢」等功能。

災害潛勢地圖是各種災害防救地圖的基本資料，透過災害潛勢地圖可以進行減災整備規劃、收容場所區位適宜性分析、疏散避難路線規劃而衍生出各類災害防救地圖，可在災前加強整備工作、災害應變中做為簡易預警作業，使災害防救從業人員能熟悉跨災害領域的業務操作與協調工作，做好資訊綜整的幕僚工作，協助各級指揮官進行災害應變決策幕僚作業。

此災害潛勢地圖可透過門牌地址、行政區及坐標進行定位等，並提供各類底圖切換，包含 TGOS 地圖、通用版電子地圖、福衛二號衛星影像圖、福衛影像混合地圖、地形暈渲混合地圖、地形暈渲圖等。主要功能在於提供各類主題圖套疊，透過不同顏色區分災害潛式的分布狀態。

在今(105)年度之圖資更新維護上，更新各縣市之災害潛勢地圖、水位警戒值、土石流警戒值、坡地災害警戒值、土石流保全住戶圖等，並新增土壤液化潛勢圖 (經濟部中央地質調查所之資料)。其他圖資資料如行政界、淹水警戒值、歷史坡地災害圖、則沿用 104 年之資料，部分地理資料，如地方政府圖、港口圖、機場圖、聚落圖，則沿用 103 年之資料。圖資皆提供研究單位申請下載。

2.3.2 國外氣候變遷調適資訊平台

針對國外氣候變遷調適相關平台案例，蒐集聯合國氣候變化綱要公約調適網站(UNFCCC)、聯合國環境計畫署政府間氣候變遷專家小組(IPCC)、英國氣候變遷委員會網站、荷蘭空間適應計畫、美國環保署氣候變遷專頁、氣候調適知識交流網(Climate Adaptation Know ledge Exchange, CAKE)、美國加州調適 cal-adapt 平台等，如表 2.3-2 所示。案例主要說明所提供之內容與相關氣候變遷調適資訊，著重於平台的內容更新。

表 2.3-2 國外氣候變遷調適平台一覽表

平台名稱	計畫單位	網址
聯合國氣候變化綱要公約調適網站(UNFCCC)	聯合國	http://unfccc.int/2860.php
政府間氣候變遷專家小組(IPCC)	聯合國與世界氣象組	http://www.ipcc.ch/
歐盟氣候變遷調適平台網站	歐盟	http://climate-adapt.eea.europa.eu/
英國氣候變遷委員會網	氣候變遷委員會	https://www.theccc.org.uk/
荷蘭空間適應計畫	Dutch Delta Programme	http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/en/
美國環保署氣候變遷網	環保署	https://www3.epa.gov/climatechange/
氣候調適知識交流網 EcoAdapt	和 Island Press	http://www.cakex.org/
加州調適 cal-adapt 平台	加州州政府	http://cal-adapt.org/
美國聯邦公路總署氣候變遷網頁	美國聯邦公路總署	https://www.fhwa.dot.gov/environment/climate_change/adaptation/
美國運輸研究委員會氣候變遷網頁	美國運輸研究委員會	http://www.trb.org/Main/SpecialtyPageClimateChange.aspx

資料來源：本計畫彙整。

1. 聯合國氣候變化綱要公約調適網站(UNFCCC)

鑑於各國/地區有不同調適需求，該平台從國際層級觀點提供調適資訊、研究方法與架構，同時作為訊息交流的平台，並提供輔導機制，協助開發中國家進行調適。平台提供下列氣候變遷調適相關資訊：

(1) 已通過並執行的公約與計畫資訊，如京都議定書巴黎公約、坎昆調適架構、奈若比工作計畫、國家調適行動計畫等資訊。

(2) 其他資訊內容尚包括聯合國調適委員會(及有關工作小組)成立的目的、組織架構等資訊。

(3) 開發中國家向聯合國申請氣候變遷調適之資金與技術協助，須遵守之相關規則。

(4) 溫室氣體之數據資料庫聯結與氣候變遷之相關研究議題，包含性別與氣候變遷、土地使用與氣候變遷、調適策略方法論等。

2. 政府間氣候變遷專家小組(IPCC)

由聯合國環境計劃署(United Nations Environm ent Program me, UN EP)和世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)成立，係國際上評估氣候變遷最具權威之科學機構，以全面、客觀和透明的模式評估所有相關的科學、技術和社會經濟的訊息，瞭解氣候變遷風險、潛在衝擊、調適和減緩選項等科學基礎做出貢獻。平台所提供之資訊包含：

(1) 每年度氣候變遷調適之主題研究報告、氣候變遷研究方法論、氣候變遷調適準則與案例參考。

(2) 相關氣候、環境與社會經濟過去變遷與未來預測之數據資料，提供研究者作為研究之素材。

(3) 研討會與相關氣候變遷調適會議之資訊、會議資料等。

3. 歐盟氣候變遷調適平台網站

由歐盟執委會及環境部共同策畫建置，目的在於協助歐盟成員國進行氣候變遷調適之相關評估與策略，提供與交流各種調適訊息，包括歐洲地區氣候變遷預測、各地區和各部門脆弱度評估、國內與跨國間之調適策略制定、各國調適個案研究、提供協助之工具並協助制定調適計畫。平台提供下列氣候變遷調適之資訊：

(1) 多個數據資料庫，含歐洲的生物多樣性訊息系統、水資源訊息系統和土地利用數據中心。網站資訊包含各種研究成果、經驗分享、政策與法規、調適措施執行狀況、評估與制定調適政策之工具。

(2) 提供 20 多個國家現有的調適策略、行動計畫、評估報告與各項調適相關服務。

(3) 多項氣候變遷調適可操作之工具，包含適應扶持工具(Adaptation Support Tool)，如 UKCIP 的 Adaptation Wizard、案例分析工具，其提供歐洲各地區之調適案例與相關氣候變遷影響、不確定性準則(Uncertainly guidance)，提供決策者在不確定情況下裁決調適之策測之準則、Climate-ADAPT Map Viewer，提供各計畫所計算與模擬之氣候變遷相關影響、脆弱度、風險等。時間序列工具提供氣候因子之時間序列模擬與相關之數據資料。

4. 英國氣候變遷委員會網站

英國氣候變遷委員會 (Committee on Climate Change) 是一個獨立且具有法力效力的組織，係依據 2008 年氣候變遷法(Climate Change Act 2008)，主要目的是建議英國政府和權利下放政府之溫室氣體減量目標，及匯報溫室氣體減量和氣候變遷因應之進度狀況，並向議會報告。英國氣候變遷委員會之工作重點包含提供獨立意見給政府單位，以期設定符合碳預算和因應氣候變遷、監測減量目標進度和碳預算達成狀況、執行氣候變遷科學、經濟和政府等之獨立分析、吸引廣泛的組織和個人參與，以分享證據和分析結果。

平台資訊提供相關之適應指標，包含建物環境、設施、農業與林業、自然環境與社區健康與韌性等面向。另外提供各單位之碳排放以及碳排減少之目標，包含航空、海運、農業、建物、運輸、能源等。相關之資料與指標可提供氣候變遷執行與規劃者作為參考。

4. 荷蘭空間適應計畫

此平台由 Dutch Delta Programme 與 Knowledge for Climate Program 開發，主要用於直持 Delta 空間適應計畫之相關決策，以因應因氣候變遷所衍生之淹水與強降雨。此平台彙整相關之國家政策、新聞、各地區之調適計畫案例與調適策略培訓計畫等，提供瀏覽者全面的資訊查詢。此網站提供因應空間適應所需之策略、準則與工具。空間適應準則包含以下項目：

(1) 分析：首先蒐集與分析地區對於淹水、乾旱、強降雨與熱浪等氣候變異項目之脆弱度之準則，提供分析之準則、案例與實際操作之目的說明等內容。

(2) 目標：依據地區之分析結果與對其之願景，擬定氣候調適之目標、課題與對策之準則。

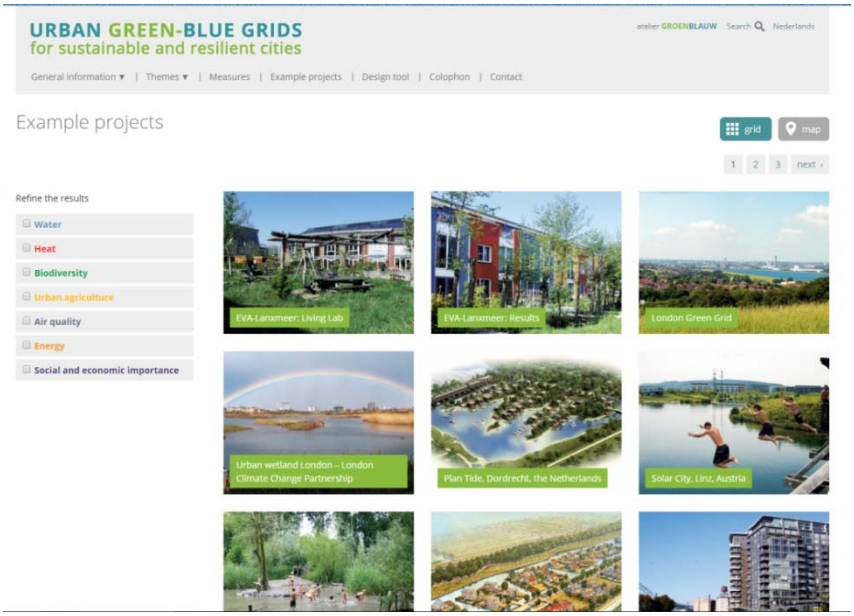
(3) 行動：氣候變遷調適目標之行動方案之法令要求與執行方式概述。

平台上提供多種氣候變遷調適之工具，包含模擬、視覺畫案例、設計規章等項目，以下概述工具之面向：

(1) 氣候變遷調適地圖 (Climate Adaptation Atlas)：地圖視覺化模擬荷蘭未來河川與河岸淹水、熱浪、乾旱與積水等。提供 3 種底圖與 3 種模擬情境，瞭解模擬之情境對於維生設施與基礎建設之影響。

(2) 壓力測試準則 (Stress Test Guide)：此工具提供計算氣候變遷之韌性所需之資料與方法，提供都市規劃執行者規劃因應氣候變遷環境之相關規劃準則。

(3) 綠帶與藍帶網格 (Green-Blue Grids)：提供視覺化之韌性城市做法與相關案例，包含水、熱浪、生物多樣性、空氣品質、能源、社會與經濟重要性、都市農業等相關調適計畫。



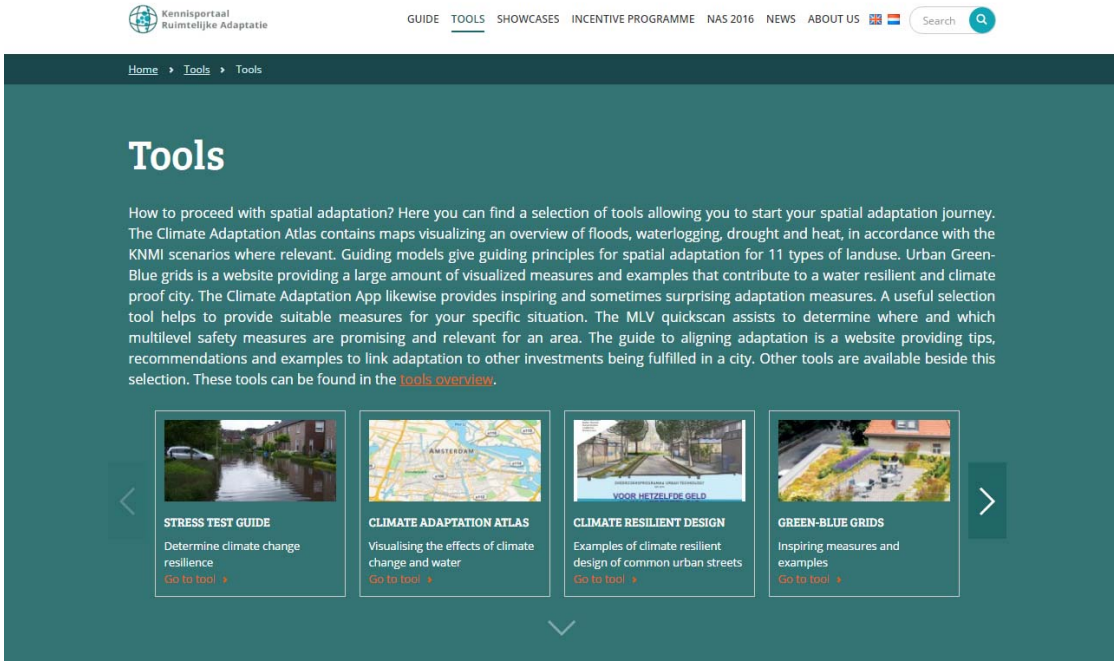
資料來源：http://www.urbangreenbluegrids.com/projects/，105 年 7 月。

圖 2.3.6 綠帶與藍帶網格之氣候變遷調適計畫

(4) 氣候調適韌性設計 (Climate Resilient Design)：針對道路提出相關排水設計準則，如透水鋪面、地面排水系統等，供道路設計與景觀設計執行者參考，因應氣候變遷之排水所需。

(5) 其他工具：此平台彙整許多外部網站之氣候變遷相關調適工具，分為分析、目標與行動。分析工具如3DI，其提供視覺化之都市與海岸積水。Cityflood 模擬大量降雨對城市的影響，teeb.stad 則是評估綠帶與藍帶對於城市的價值，包含健康、住宅價值、娛樂、社會凝結與能耗等。目標工具如 Guiding Model ，此工具提供荷蘭 10 種都市與非都市土地使用可應用之氣候變遷空間適應準則。另外有 OMGEVINGSWIJZER，提供計畫有續發展之評估工具。行動工具如 HUISJE BOOMPJE BETER，提供氣候調適之住宅與花園營造方法，BREEAM 則針對地區之發展提供永續發展與氣候變遷調適之做法與評估評分。





資料來源：http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/en/hulpmiddelen，105 年 7 月。

圖 2.3.7 荷蘭空間適應計畫所提供之相關工具

6. 美國環保署氣候變遷專頁

此平台彙整大量資訊與研究成果，說明與定義氣候變遷與其影響，亦包含溫室氣體排放與氣候變遷科學以及相關之數據，並說明相關之調適策略。平台提供將美國分為 8 個區塊後，研究各區塊對於氣候變遷所產生災害之容受力，以及對於健康、農業、生態、海平面上升與娛樂等所產生之影響。平台也包含環保署執行之相關調適計畫與會議。



資料來源：https://www3.epa.gov/climatechange/impacts/northeast.html，105 年 7 月。

圖 2.3.8 氣候變遷對於美國各區位之相關影響研究

7. 氣候調適知識交流網(Climate Adaptation Knowledge Exchange, CAKE)

由 EcoAdapt 和 Island Press 於 99 年 7 日共同建立，由 EcoAdapt 負責管理。此平台流網建置之目的，係建立一套知識分享資料庫，以期能於面對氣候變遷下，自然與人造系統之管理知識。此外亦期能延伸此知識，以協助建立創新社區，以及透過下列 4 種方式，幫助使用者節省時間和快速瞭解相關調適資訊。此平台透過透過線上互動式平台，建立社區。設計一

套實踐者之指引，以分享知識和策略，並收集其他案例，並確認及解釋數據工具及可用資訊。

8. 美國加州調適 cal-adapt 平台

美國加洲調適平台(cal-adapt)主要取得由加洲科學研究團體所產製之氣候資料與資訊，彙整既有加洲氣候變遷情境和氣候衝擊研究，並鼓勵地方決策者參考此資訊，亦使用視覺化工具、評估資料參與資料研究團體，以貢獻各自之知識。此平台持續更新相關之氣候變遷調適研究成果，並規劃在日後的更新包含下列項目：

(1) 與 AR5 內容相符之較精細氣候數據，提供更全面的極端氣候數據與雨量分布。

(2) 歷史氣溫與雨量數據(自 1915 年起)。

(3) Sacramaneto-San J oaquin River 三角洲之海平面上升與暴雨之相關風險模擬圖。

(4) API 之方式使用平台之數據。

(5) 利用新數據模擬氣候變遷之影響(如集水區、行政區、州邊界、氣候分區等)。

9. 美國運輸研究委員會氣候變遷網頁

美國運輸研究委員會是隸屬於美國國家研究協會（National Research Council）的非營利性私人機構，主要為國家科學學院及國家工程學院提供有關運輸研究方面之服務，透過常設技術委員會（technical committee）和專案小組（task force）的運作，以出版及傳播項各項研究成果和技術報告、管理研究計畫、進行重大運輸政策研究。近年來致力於發展氣候變遷之減災及調適策略，以及降低運輸部門能源消耗與溫室氣體排放量等相關研究，作為聯邦及各州政府運輸系統管理及各項決策制訂之參考。

此網頁提供之資訊包含：

(1) 各部會發布之氣候變遷相關議題與新聞訊息，以及美國運輸研究委員會主辦或協辦之氣候變遷相關會議資訊。

(2) 建立政策研究、專案計畫的成果資料庫，提供瀏覽者全面資訊查詢。

10. 美國聯邦公路總署氣候變遷網頁

目前針對因應氣候變遷對運輸系統影響所從事的研究主要有減災(mitigation)與調適(adaption)兩大方面。在減災方面，美國聯邦公路總署致力於開發一系列的工具，提供州、地方政府運輸部門技術上協助，評估溫室氣體排放減量水準及績效，並制訂溫室氣體減災策略。

在調適方面，美國聯邦公路總署與交通部、都會規劃局，以及其他運輸系統規劃、營運、管理相關單位共同合作，於 99-100 年、102-104 年執行兩期「氣候回復力示範計畫」，目的是透過評估基礎設施在不同風險情境之極端氣候條件下的脆弱度，建立脆弱度評估架構，並制定調適策略，以提升各運輸系統在因應極端氣候及氣候變遷時的回復能力，確保其安全性、可靠度及永續性。

此平台提供執行成果說明及案例分享，例如：愛荷華州交通部透過數套模型預測未來洪水頻率值，並評估橋梁與公路的脆弱度，結合即時監測及預警系統用以保障民眾安全；亞利桑那州交通部則是針對公路系統，指認出不同類型災害下脆弱度較高的危害熱點。另外，這些計畫研究成果及技術亦得以應用在長期交通規劃、重要資產管理，及分析未來工程設計所需考量的投入變數，包括降雨型態、地質災害、集水區敏感度分析等。

2.3.3 小結

1. 回顧之平台在氣候變遷資訊的提供上有許多相似的地方，包含風險評估之基礎知識與相關名詞定義、各單位之研究成果彙整、氣候變遷調適新聞、會議資訊與借鏡案例、數據下載、模擬風險與建議調適計畫等。
2. 各平台所提供之氣候變遷調適資料主要以脆弱度評估為主要評估因子，因應各調適領域衍生出其他影響因子如敏感度、耐災度、適應力等，並透過權重、函數或半定量風險分析圖等工具，評估氣候變遷的風險等級並調整成符合各領域的調適策略。
3. 災害潛勢地圖網站之「天然災害潛勢地圖」發佈可能發生災害之地區，或標示出災害可能衝擊影響的範圍，例如：土石流災害潛勢、淹水災害潛勢等，而交通部公路總局 Safe Taiwan 平台整合多面向圖資於平台上，眾多圖資皆與本計畫氣候變遷調適有關，可在未來進行平台更新時進行整合與參考。
4. 由於氣候變遷衝擊面向廣泛，國外之平台多開發或彙整若干工具、研究成果、案例、準則等，指引民眾、各部門、各領域作氣候變遷相關脆弱度或風險評估以及調適計畫，透過整合多種工具擴大操作及使用平台之使用者，此作法值得本計畫於日後更新平台時納入考量。

第三章 強化風險評估方法與指標

對於氣候劇變所造成之災害，WGII AR5 針對專有名詞解釋部分，「危害度」係指自然發生或是人類引發的事件、趨勢或是物理性衝擊，可能危害生命或是影響健康，以及損害財產、基礎建設、生計、服務與環境資源。「自然災害」指的是與氣候相關的事件、趨勢、物理衝擊。「暴露度」係指人類生命及其生計、環境服務及資源、基礎建設、或經濟、社會及文化資產處於有可能受到不利影響的地方。「脆弱度」係指易受到不利影響的傾向與素質，其包括對於損害的敏感與感受性，以及缺乏應對或適應的能力。「風險」係指當人的價值(包含人類本身)受到威脅時之潛在可能的後果，其結果是具有不確定性的。「風險」通常是指當事件發生時，其為發生危害性事件的可能性或加成成之結果。「調適」係指一種調整適應過程，在人類系統中，是針對實際發生或預期會發生的氣候及其所造的影響所進行的調整適應過程，以便減輕損害及開拓有利的機會。自然系統的調適，人類的干預有可能促成因應預期會發生的氣候所進行之調整。

前期計畫已參考經濟部水利署慣用之風險評估(風險等於危害度乘上脆弱度)、2014 年 IPCC AR5 的最新名詞定義以及本計畫重點對象為運輸設施，藉此研訂重大鐵公路之風險評估。將脆弱度定義為社經影響程度(潛在影響程度)、與運輸設施的現有能力(設施調適能力)之函數，另外經由專家學者提及部分領域之危害度與暴露度無法有效分開評估，因此以危害度因子(強降雨)引發的淹水潛勢及坡地災害機率作為危害度的評估指標。

本期(105 年)計畫延續前期成果，經由前期風險評估方法指標檢討及依據鐵公路主管機關訪談與回饋，強化風險評估方法，並將災害潛勢與設施平面、高架或隧道型式納入危害度考量。與鐵公路主管機關的多次訪談回饋除可掌握業務單位需求外，亦就各單位掌握之設施資料進行蒐集，作為方法與指標強化之依據。以下就鐵公路主管機關需求與資料蒐集、氣候變遷情境設定、風險評估方法與指標強化等內容進行說明。

3.1 強化方法與指標流程

前期計畫受限資料取得期程，部分評估指標完整性尚有可強化之處，本計畫強化評估指標之作業流程如圖 3.1.1，說明如下。

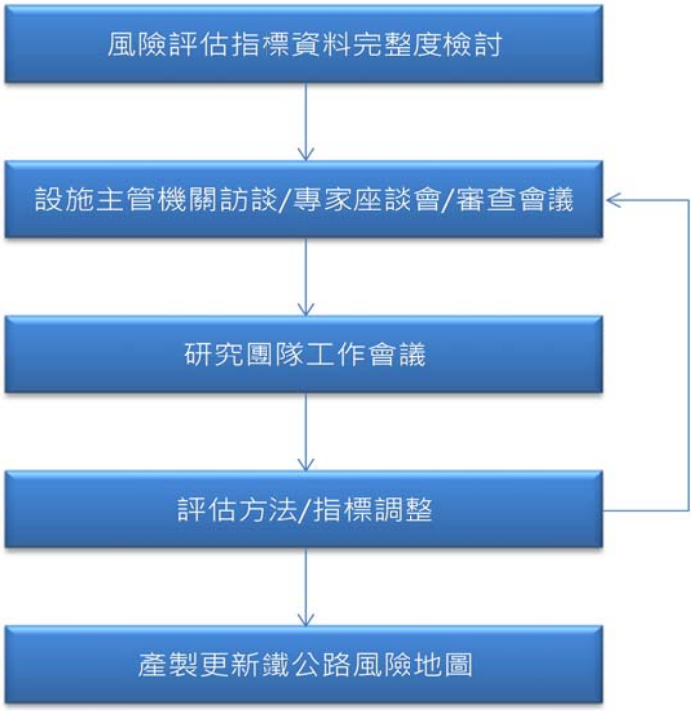


圖 3.1.1 風險評估指標檢討強化流程

1. 前期評估方法檢討

綜合而言，前期風險評估方法顯現出之成果有下列值得精進之處。

- 由於都會區交通量與產值均高，選出之高風險路段易傾向於都會區附近道路，而山區道路容易低估風險。
- 對於設施本身建造型式未納入考量，以至於高架路段被列為高淹水風險路段。
- 經濟因素固然重要，但找出僅因天候與地形地質等因素而不考量交通量等因素之危險路段仍然有參考價值。

此外，本計畫亦針對前期指標資料完整度進行檢討，對於可加強指標列為鐵公路主管機關訪談與本計畫資料蒐集重點。

2. 設施主管機關訪談/專家座談會/審查會議

逐一訪談公路總局、臺鐵局、高公局、高鐵公司等，深入瞭解設施主管機關之意見與資料狀況；另透過期中審查與專家座談會議，瞭解各單位對於風險評估方式與指標依據之意見。

3. 工作會議

針對歷次訪談、座談會、審查會蒐集之意見，以及期間取得資料進行指標修正，如過去設施安全性無合適依據進行界定，於機關訪談後掌握多數單位已建構邊坡分級資料，即進行設施安全性指標調整；但部分意見雖然合理，卻因資料完整性不足或難以操作，如設施高程、設施排水能力等。

考量本計畫評估之範疇為全臺，因此，需要先考量資料與方法能否掌握到此項資料需求的資料與可行性，故在訪談收到新的意見或新資料後，先評估資料之可操作性、資料差異性等，過程中檢視與篩選的資料如下：

- 淹水治理計畫改善範圍幾乎涵蓋全臺，故不適合納入；
- 雨水下水道實施率與淹水關聯、覆蓋率之意義仍待釐清；
- 同質性高的資料，如人口與交通量、產值，採用過多指標在前期計畫已發現會降低各指標權重，導致人口數多之地區，其產值、交通量、重要設施、重要道路通常較多，造成高脆弱度將集中在這些地區，亦需精簡。

4. 指標調整與更新鐵公路風險地圖

在確認新資料或評估方式之可行性後，藉由多次工作會議確認與修正，以期風險矩陣中之每一因子在現有資料中，可找到最適合可操作之標的。本計畫歷經 6 次大型之會議，與多次各別訪談機關人員，討論不同資料所代表意義，並確認評估方法與指標後更新風險地圖。

3.2 鐵公路主管機關需求與資料訪談

3.2.1 訪談各機關掌握資料

本節就各機關訪談成果，與可回饋至指標部分之資料進行分析說明，細訪談紀錄請參考附錄 4。

1. 設施安全性指標

(1) 橋梁管理系統

- 結構安全指標雖未考量耐洪流能力，但現階段在橋梁設施安全性部分，僅有此資料可作為相對客觀之平均指標。
- 平面高架與河川橋皆在橋管系統資料中。
- 除老舊橋梁外，一般橋梁、高架較無淹水疑慮。

(2) 邊坡分級

- 公路總局與高公局全部邊坡路段皆有分級，公路總局邊坡分級準則依災害紀錄及邊坡穩定情況進行界定，而高公局則依養護手冊5.6 節，配合邊坡監測、巡查、風險評估資料分級。
- 臺鐵局目前僅南迴線枋寮至臺東新站完成邊坡分級，其餘路段待「鐵路行車安全改善 6 年計畫(104 至 109 年)」辦理，分級依目視、監測、地錨、災害潛勢、穩定評估 5 項，整體評估分級依較危險者判定。

(3)監控路段

- 列為監控路段即表示較危險，公路總局、臺鐵局為各段填報，高公局依養護手冊訂定不同分級，高鐵公司採事件追蹤管理機制。

2. 設施元件

- 高架或橋梁應無淹水疑慮，隧道有高低差處理，均較無淹水疑慮。
- 明隧道屬邊坡管理工法，風險評估可視同平面路段。
- 高鐵公司分類為高架、路堤、路塹、隧道。隧道部分，可分地下隧道及過山隧道。
- 高鐵除了樹林到南港地下段，其餘路堤、高架段皆有一定高程，應無淹水疑慮。
- 隧道口應視為平面段處理。

3. 監測

- CCTV 多數目的為監控路況而非邊坡或設施結構；僅公路總局八掌溪、臺鐵南迴線適合納入監測指標。
- 地錨定期檢測應該也可以視為一種監測方式。

- 自動化監測系統目前多為示範計畫，易有誤報情況，且維護成本高，目前國道雪山隧道監控系統、臺鐵南港專案(汐止至板橋)、高鐵防災資訊系統屬實際應用自動化監控路段。
- 監測並非所有路段皆須要，而設置監測也不代表該路段危險，部分目的為長期監測所用。

3.2.2 各機關資料可回饋納入指標應用

經與鐵公路主管機關之訪談，已釐清各設施單位所掌握之設施資訊，瞭解風險評估指標所能引用之佐證資料，以下針對各鐵公路主管機關所提供資料，依各風險評估指標進行說明，請參見表 3.1.3 所示。

1. 設施安全性

經由彙整各單位資料後，在設施安全性中，邊坡分級資料屬於各單位之共通點，皆採 A 危險~D 較安全分級，無邊坡或無疑慮路段則無分級，故本期計畫以此作為路段分級之主要依據；設施安全性在淹水災害之認定標準，雖曾嘗試以巡查管理系統或設施資料庫中資料進行判定，但尚未尋找到適合資料。

2. 預警應變作為

在「預警應變作為」指標中，各單位皆已建立預警應變機制與作業流程，但在風險評估中需尋找具有差異性之資料，以提供判別不同路段之風險差異，前期計畫以監測設備所在點位做為判定依據，本計畫依訪問與資料蒐集結果，對於重點監控路段，有設定高於一般路段之應變機制，另外公路總局在台 9 等路段，開始透過區域簡訊廣播技術，讓民眾可選擇其他替代道路通行；高鐵在強降雨預報達一定強度後，也會採取預防性停駛，降低風險。依前述原因本期將重點監控路段與有進行特別調適作為之路段，在「預警應變作為」指標中反應。

表 3.2-1 風險評估指標佐證資料彙整

指標項	資料來源	資料項目
設施安全性	公路總局	• 省道一、二級監控路段、一級監控橋梁、淹水泥流水瀑路段、車行地下道 • 省道邊坡分級 • 公路基本資料庫資料庫結構、資料登記管理要點 • 巡查系統資料
	高公局	• 國道邊坡分級 • 河川橋資料 • 高速公路養護手冊
	臺鐵局	• 重點監控橋梁、路段 • 臺鐵南迴線邊坡分級
	高鐵公司	• 高鐵邊坡分級 • 250M 里程座標
	運研所	• 橋梁管理系統(PI、座標、椿號、跨越河川、預警雨量)
預警應變作為	公路總局	• 地錨檢測 • CCTV 設施安全監控路段 • 各區傾斜計、水壓計、雨量計點位 • 封橋標準作業程序
	臺鐵局	• 邊坡監視器點位 • 新豐南縱貫鐵路 k97+600~k98+500 監測 • 南迴線(大武 2 號北口、大竹 2 號北口、新吉北口)監測系統 • 南迴鐵路 K17+035~130 監測 • 交通部台灣鐵路管理局路線巡查安全作業程序 • 臺鐵局 QPESUMS 操作說明簡報
	高鐵公司	• 監測設施座標 • 高鐵災害告警系統 DWS 簡介

資料來源：本計畫彙整。

3.3 氣候變遷情境設定

3.3.1 氣候變遷年期選定

全球大氣環流模式(GCMs)多採分段模擬未來之氣候，以近程2020-2039年、中程2050-2069年以及長程2080-2099年等三個時期進行氣候推估。聯合國政府間氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)於2007年(民國96年)公布第4次評估報告(AR4)，氣候變遷情境主要包括4種：A1B、A2、B1及B2。

此溫室氣體排放情境主要是綜合社會變遷與經濟變遷趨勢進行分類，並以代號表示之。數字1與2分別表示未來的社會將(1)更朝全球化發展或(2)開始著重區域特性；英文字母A與B則是區別未來的經濟是(A)以市場導向發展為重或(B)以環境保護優先。而其中A1情境又進一步以未來再生能源與石化燃料的使用情形進行更細的分類(如圖3.3.1)，如下所述：

1. A1情境

全球經濟大幅成長，市場經濟導向，窮國與富國之間的差距消失，人類大幅投資教育與提高生活水準，科技的成長與資訊流通順暢，包含以下幾個次情境：

(1) A1B：再生能源與化石燃料並用，土地使用變遷速度適中。

(2) A1T：再生能源進展迅速，未來人類不使用石化燃料。

(3) A1F1：人類仍然大幅使用石化燃料。

2. A2情境

全球經濟成長幅度不等，而導致工業國家與開發國家的收入差異仍大，科技與人口流動較不暢通，強調家庭或族群生產力，A2的人口成長率是4個情境中最高者。

3. B1情境

全球的環境與社會意識高漲，並結合全世界的力量來追求永續的發展，經濟發展程度適中，科技發展扮演重要的角色，世界各國貧富差距縮小。



資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

圖 3.3.1 AR4 未來氣候變遷假設情境

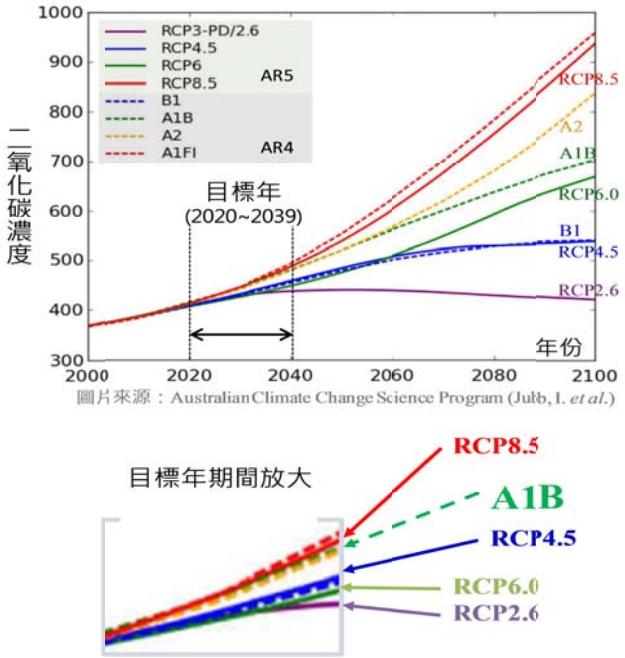
4. B2 情境

世界各國的人類對於環境與社會的永續發展日趨重視，政府政策為有環境意識的公民所影響，全球化的腳步減緩，而地域性的決策機制顯得更受重視。其中，A1B 情境是國際公認最有可能發生的情境，因此我國水利署亦採用 A1B 情境，作為衝擊評估、風險分析及調適規劃的參考基準。

IPCC 於 2013 年(民國 102 年)9 月公布之第五次評估報告(AR5)之決策者摘要 AR5-SPM 說明之 GCMs 模式情境與 AR4 設定之情境有所不同。AR5-SPM 改以「代表濃度過程」(Representative Concentration Pathway; RCP)設定情境，分別為 RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 等 4 種，定義至 2100 年(民國 189 年)之輻射量大小。

民國 105~106 年，經濟部水利署委託國立成功大學執行「氣候變遷降雨情境差異對洪旱衝擊評估研究」(以下簡稱「水利署情境差異評估計畫」)，評估 AR5 與 AR4 情境的差異性。此外，藉由水利署與國家災害防救科技中心(NCDR)的合作，NCDR 的 TCCIP 計畫將協助分析與比較 AR5 與 AR4 情境的差異性。

依據分析結果，在 AR5 的 4 個情境(RCP2.6、4.5、6.0 及 8.5)假設下，未來年期間的溫度上升量，相較於現階段水利署所採用的 A1B，並沒有明顯增加。其中，RCP2.6、4.5 及 6.0 的溫度上升量都比 A1B 低，而 RCP8.5 則與 A1B 非常相近；圖 3.3.2 比較 AR5 與 AR4 情境下未來全球溫度上升推估結果。



資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

圖 3.3.2 AR5 與 AR4 情境下未來全球溫度上升推估結果比較

經由比較 AR4 與 AR5 各情境對未來全球溫度上升的推估結果，在未來年期間(西元 2020~2039 年)，AR4 的 A1B 情境與 AR5 最劣的 RCP8.5 情境結果幾乎相同，沒有明顯差異。經由「水利署情境差異評估計畫」的分析結果，在枯水期，RCP8.5 情境下的月雨量與 A1B 情境相近；在豐水期，RCP8.5 情境下的月雨量略高於 A1B 情境。綜合現階段的研究成果，在未來年期間，AR5 情境下的降雨條件並未明顯較 AR4 更為惡劣。

因此，未來年(2020~2039 年)之情境背景仍採用未來能源供需平衡之 AR4-A1B 溫室氣體排放情境，並參考國家災害防救科技中心(NCDR)執行之臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(TCCIP)之現況年(1980~1999 年)與未來年(2020 年~2039 年)之統計降尺度，搭配不同頻率分析氣候變遷之重現年期。

3.3.2 氣候變遷情境設定

1. 現況年(1980~1999 年)氣候變遷情境設定

以淹水、坡災之模擬成果分級作為危害度指標；結合運輸設施之潛在影響程度和設施調適能力分級作為脆弱度指標；透過風險矩陣，評估運輸設施在不同氣候變遷情境下之風險程度。淹水與坡災危害度採用統一之降雨情境，降雨延時 24 小時之三種重現期降雨(50、100、200 年)模擬成果。

2. 未來年(2020 年~2039 年)氣候變遷情境設定

為了探討現況與未來氣候變遷情境的不同降雨條件淹水潛勢，由於水利署尚無氣候變遷下全臺淹水潛勢圖資，故依據「氣候變遷水文環境風險評估研究(2/2)」A1B 情境下之全臺現況與未來年各測站氣候變遷雨量情境連續降雨頻率及強度(2、5、10、20、25、50、100、200 年)分析成果，將測站劃分為北中南東四區，並利用徐昇法計算北中南東重現年 50、100、200 年之降雨總量，如圖 3.3.3 所示。現況年重現年 100 年之降雨總量(731mm)接近未來年重現年 50 年降雨總量(751mm)、現況年重現年 200 年之降雨總量(856mm)接近於未來年重現年 100 年降雨總量(838mm)，以此類推。因此，未來年重現 50 年降雨頻率與強度係採用現況年重現 100 年；未來年重現 100 年係採用現況年重現 200 年；未來年重現 200 年係採用現況年重現 500 年。

北部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	647	731	826
北部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	751	838	935

南部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	702	778	854
南部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	742	814	885

中部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	582	651	721
中部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	670	743	816

東部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	579.7	628	674
東部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	632	683	733

資料來源：氣候變遷水文環境風險評估研究(2/2)，經濟部水利署，100 年。

圖 3.3.3 氣候變遷影響下各區降雨總量變化

3. 運輸設施風險評估氣候變遷情境設定

考量運輸設施主管機關在風險評估、治理工程之需求常以設施現況進行評估，因此，除氣候變遷模擬採用前述之設定外，脆弱度指標中之產值、交通量則採用現況 104 年資料，未來年則採用本所臺灣城際運輸需求模型推估之 120 年資料，設施資訊則以設施主管機關與調查取得之最新資料為依據。綜整 6 種氣候變遷風險評估之分析情境如下：

(1) 情境 1(現況年 50 年降雨頻率之重現年)

取現況年50重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與104年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

(2) 情境 2(現況年 100 年降雨頻率之重現年)

取現況年 100 重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 104 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

(3) 情境 3(現況年 200 年降雨頻率之重現年)

取現況年 200 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 104 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

(4) 情境 4(未來年 50 年降雨頻率之重現年)

取現況年 100 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 120 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

(5) 情境 5(未來年 100 年降雨頻率之重現年)

取現況年 200 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 120 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

(6) 情境 6(未來年 200 年降雨頻率之重現年)

取現況年 500 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 120 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

3.4 風險評估方法與指標強化

先說明前期計畫之方法與指標，而後結合各次會議與資料蒐集成果，說明評估方法與各指標之調整過程。

3.4.1 前期評估方法檢討

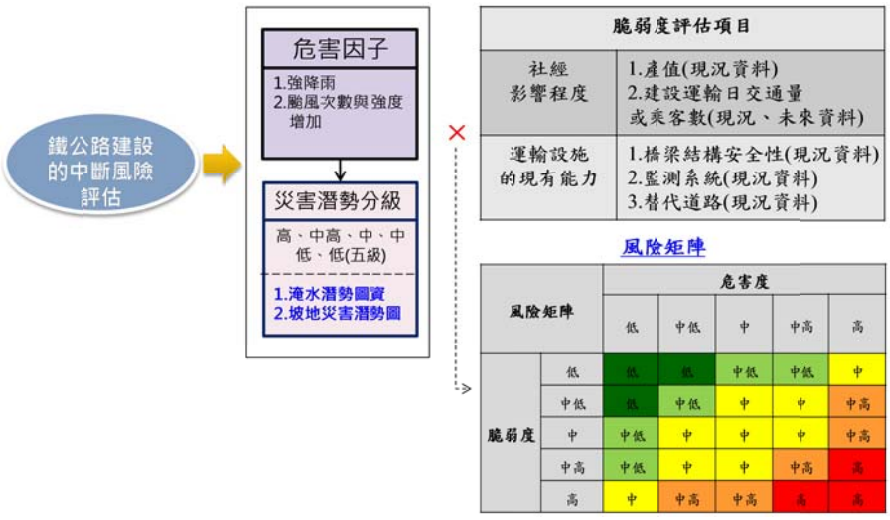
分別針對前期評估方法與指標檢討結果說明如下。

1. 風險評估方法

(1) 評估方法說明

本系列計畫由 102 年迄今，歷經 3 年計畫，已對於評估方法及指標定義進行多次調整，故本期計畫著重在於指標資料完整性提升，評估方法則延續前期，以利於評估方法之推動。

前期計畫對於鐵公路系統的中斷風險之定義為「氣候變遷衝擊對交通設施未來可能損害或損失的程度」，並參考國外風險定義以及國內經濟部水利署對於氣候變遷下之水資源、淹水、土砂等災害風險評估(風險含脆弱度因子與危害度因子)，研擬之風險評估方法如下列計算式，包括計算潛在影響程度、設施調適能力，再依此算設施脆弱度，而後將危害度與脆弱度透過風險矩陣，各別找出坡災與淹水風險，如圖 3.4.1。



資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

圖 3.4.1 鐵公路氣候變遷風險評估方法風險矩陣

交通設施坡地災害風險 ＝f (坡災危害度 ，脆弱度)

交通設施淹水風險 ＝f (淹水危害度 ，脆弱度)

危害度＝ 淹水潛勢或坡災潛勢分級

交通設施脆弱度＝ 取平均(潛在影響程度， 設施調適能力)

潛在影響程度＝ 取平均(日交通量或乘客數, 產值)

設施調適能力＝ 取平均(設施安全性,監測,替代道路數)

2. 風險評估指標

評估指標為危害度、脆弱度，其中危害度依淹水、坡災各別評估；脆弱度中則分為潛在影響程度與設施調適能力，潛在影響程度分為產值、交通量，設施調適能力則為設施安全性、替代道路數與預警應變作為，茲就各指標檢討說明如下：

(1) 「危害度」指標

①評估指標說明

淹水與坡災採用之降雨情境，皆以現況年 24 小時連續降雨重現期 50、100、200 年，以及未來年氣候變遷情境強下重現期 50、100、200 年等雨量情境。

淹水部分以經濟部水利署於民國 96 年所製作之第二代淹水潛勢，模擬結果進行分級；坡災則以崩塌機率作為分級；此危害度僅能反應強降雨所導致淹水、坡災危害，其中坡災為降雨所導致上邊坡發生淺層滑動、深層滑動、落石、岩屑崩落等情形之潛勢機率的模擬，無法反應風化、地震等其他因素災害。

表 3.4-1 危害度等級

危害度等級	淹水深度 D(m)	崩塌機率 P
高(5)	D≧3.0	P≧0.8
中高(4)	2.0≦D<3.0	0.60≦P<0.8
中(3)	1.0≦D<2.0	0.40≦P<0.60
中低(2)	0.30≦D<1.0	0.20≦P<0.40
低(1)	0.00≦D<0.30	0.00≦P<0.20

資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

②評估指標檢討

依水利署淹水潛勢圖更新計畫，第三代淹水潛勢圖為 103~105 年分縣市分 3 年期進行更新，故本期計畫延續採用第二代淹水潛勢圖，但考量公路與鐵路特性，1 公尺以上已對於正常通行有所影響，故對於等級界定應進行檢討調整。

(2) 「交通量」指標

①評估指標說明

公路與軌道建設於營運特性上有所差異，故指標選擇上公路建設為路段日交通量(PCU，小客車當量)，軌道建設則為站間日乘客數(人次)。現況/現況年之「日交通量或每日乘客數」資料係採 103 年實際觀測資料，資料來自公路總局、高公局、

臺鐵局、高鐵局(引用自運研所中長程審議決策系統運輸營運資料庫)；未來年則是以交通部運輸研究所 103 年「整體運輸規劃研究系列—城際運輸需求模式檢討及參數更新研究(3/3)」預測之民國 120 年交通量進行分析。

評估指標等級分為五級，當重大鐵公路建設日交通量、乘客數多時，因鐵公路建設受到損壞或失能所影響之交通量、乘客數就越多，敏感度等級亦越高。分級上係考量交通量、乘客數之「離散程度」，先界定高、低兩級，再以高低兩級之中位數作為中等影響參考值，結合「筆數均等」概念及微調分級，區分中高、中、中低等級，如表 3.4-2。

表 3.4-2 日交通量、乘客數等級界定

脆弱度等級	高鐵 站間日搭乘人數	臺鐵 站間日搭乘人數	國道 日交通量 (PCU)	快速公路 日交通量 (PCU)	省道 日交通量 (PCU)
高(5)	7 萬以上	5 萬以上	10 萬以上	10 萬以上	10 萬以上
中高(4)	5-7 萬	2.5-5 萬	5-10 萬	2.5-10 萬	5-10 萬
中(3)	3-5 萬	1.5-2.5 萬	2.5-5 萬	1-2.5 萬	2.5-5 萬
中低(2)	1-3 萬	5 千-1.5 萬	1-2.5 萬	1-2.5 萬	1-2.5 萬
低(1)	1 萬以下	5 千以下	1 萬以下	1 萬以下	5 千以下

資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

②評估指標檢討

檢視前期計畫之交通量評估指標，指標資料已具完整性，故本期重點應在於交通量資料之更新，配合高鐵新增苗栗站、彰化站、雲林站採用 105 年 4 月運量，南港站因為 7 月通車，運量穩定需至 10 月，暫不列入分析。

(3) 「產值」指標

①評估指標說明

「產值」資料係來自行政院主計總處「100 年工商及服務業普查」之鄉鎮市區統計資料-生產總額，工商普查資料每 5 年更新一次。考量經濟產業之預測不易掌握，前期計畫之未來年產值係直接引用 100 年資料，以同一張產值圖資作為現況年(1980~1999 年)與未來(2020~2039 年)之分析，其分級方式係以分位數法劃分五級。

②評估指標檢討

產值因各鄉鎮市區並非均等，故調整原分位數法，比照交通量指標依「離散程度」，極端值各占 10~15%，中間三級距以均等概念切分，約各佔 25~35%，並利於使用者檢視單位調整為億元。

於潛在影響程度面向中，產值是相當重要的評估指標，然而未來年產值並不易預測，本計畫依本所臺灣城際運輸需求模式未來年 120 年及業人口成長量，推算產值變化，作為未來年產值指標分析之基礎。

(4) 「設施安全性(橋梁結構安全性)」指標

①評估指標說明

前期橋梁結構安全性沿用 103 年計畫成果，藉由取得之橋梁安全程度，分為中度(橋梁安全分數 90~100 分或無橋梁路段者)、中低(80~90 分)以及低(80 分以下)等三級。

②評估指標檢討

設施並非僅有橋梁或高架路段，對於其他平面或隧道路段均應尋找合適之評定資料，以作為設施安全性指標分級；此外應將淹水與坡災之設施安全性亦加以區分。

(5) 「監測」指標

①評估指標說明

監測系統評估指標係為了解鐵公路建設之評估路段有無監測系統,一般監測系統之監測範圍最廣為半徑50公尺(直徑100公尺),因此前期計畫將鐵公路建設中有監測系統之路段影響半徑(50 公尺)內路段，設定為預警能力屬中度(表該路段有預警能力)；其餘路段設定為預警能力屬中低度(表該路段沒有預警能力)。

②評估指標檢討

監測之手段包含傾斜儀、雨量計、水壓計、監視器等多種設備，對於淹水與坡災之預警效果各有不同，故應區分淹水與坡災之監測指標，而不同系統之預警效果亦有所差異，能否即時提供預警以即時應變，為本項指標主要代表意義。

(6) 「替代道路數」指標

①評估指標說明

應變能力之替代運輸指標係以鐵公路建設災時/後阻斷時,服務範圍內是否有替代道路，作為應變能力的評估方法。考量分析之氣候變遷以暴雨、極端降雨為主，降雨的影響對於不同結構型式之運輸系統影響不同，高架為主的國快道、高鐵建設，暴雨主要影響交流道、車站;臺鐵、省道建設多為平面路段,影響分析重點為路段、車站，以上述車站、交流道或路段之服務範圍進行分析。

公路建設：國快道為封閉式道路，需藉由交流道出入，考量既有國道系統交流道間之平均間距約 10 公里，因此，設定服務半徑為 5 公里。而一般省道系統主要服務沿線鄉鎮之短程城際旅次，概算全國鄉鎮之平均長寬距離約 5 公里，以此作為參考基礎，將省道之服務半徑設定為道路兩側 2.5 公里；連絡臺灣東西部之台 9 線蘇花、南迴路段，考量為宜花地區連絡北、南部之唯一道路，故將路段之影響範圍擴大設定為宜花地區。

軌道建設：以系統之營運里程除以車站數，換算每一車站之平均服務範圍及影響半徑。高鐵路線全長 345 公里，除了臺北都會區內之車站距離較近(現況兩處車站、未來三處)之外，其他既有高鐵

車站間之距離約 50 公里，服務半徑約 25 公里，故以此值作為車站影響半徑。臺北都會區內車站雖距離相對較近，但服務範圍可及宜花地區，故採同其他車站之服務半徑設定方式。臺鐵營運路線長 1,085 公里，車站 220 座，車站平均距離約 5 公里，設定車站服務半徑為 2.5 公里。

前期計畫係透過地理資訊系統技術，分析各建設服務範圍內之替代道路數。替代道路分析上，考量各運輸系統服務特性，以功能相近之道路作為替代道路之選擇。國快道之替代道路為功能相近之國道、快速公路、省道；省道之替代道路為國道、省道、縣道、鄉道、偏遠地區之產業道路；高鐵之替代道路為國道、快速公路及省道；臺鐵系統之替代道路包含國道、省道、縣道、鄉道、市區道路、產業道路等。

此項指標之評估等級分為五級，當重大鐵公路建設替代道路數越多時，即代表當鐵公路系統受到氣候變遷影響而導致損壞或失能時，應變能力越高。公路建設之替代道路數分級係參考交通部「大規模災變之公路系統防救災規劃與修復策略研究」，將其分為高、中高、中、中低、低五級，如表 3.4-3 所示。軌道建設之替代道路數分級則係考量替代道路數之「離散程度」，先界定高、低兩級，再以高低兩級之中位數作為中等影響參考值，結合「筆數均等」概念及微調分級，區分中高、中、中低等級。

②評估指標檢討

替代道路數指標已具完備性，仍維持既有分析方法即可。

表 3.4-3 替代道路數等級界定

脆弱度等級	高鐵	臺鐵	國道及快速道路	省道
高(5)	≦5	≦2	≦1	≦1
中高(4)	5<X ≦8	2<X ≦4	1<X ≦3	1<X ≦3
中(3)	8<X ≦10	4<X ≦7	3<X ≦5	3<X ≦5
中低(2)	10<X ≦13	7<X ≦10	5<X ≦8	5<X ≦8
低(1)	>13	>10	>8	>8

資料來源：重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，交通部運輸研究所，104 年。

3.4.2 評估方法強化

1. 評估方法強化調整過程

(1) 風險矩陣調整

因檢視全臺設施在偏遠地區之產值、交通量相對較低，使得風險亦相對較低。雖然在脆弱度中納入產值、交通量之目的在於，相同危害地區優先改善較符合效益，但在我國設施主管機關實務評估上，亦需考量區域公平性。

方法檢討過程曾提出優先針對危害度篩選概念，篩選出中高危害度以上地區，再評估其脆弱度，做為優先改善建議路段，然此方法未達成共識，方法上延續前期評估方法，但對於風險矩陣進行調整，偏向危害度，讓危害度高路段可適度加強反應。

(2) 設施調適能力調整

原評估方法中脆弱度各指標計算方式，皆依脆弱度低至高，分別給予 1 至 5 級分,但在審查會議中,委員提出設施調適能力名詞屬於正向，設施調適能力等級高，易解讀為設施調適能力佳，因此將原本負向表述之設施調適能力各指標,包含設施安全性、替代道路數、預警應變作為，皆改為正向表述，亦配合上述調整，在計算脆弱度時，需要將設施調適能力指標之等級，進行轉換調整。

(3) 納入權重概念

原有之計算公式，因各指標間視為權重相同，故採用平均方式說明評估方法，而配合設施主管機關有效益型/公平型不同計畫考量，對於各計算公式中，皆加入權重概念作為說明方式。

2. 評估方法調整結果

依本計畫多次工作會議討論結果，針對風險矩陣、設施調適能力與計算方式進行調整，調整結果之風險評估方法計算公式如下，風險矩陣與風險評估流程如圖 3.4.2 所示。

淹水/坡災風險 ＝f(淹水/坡災危害度, 脆弱度) (1)

淹水/坡災危害度 ＝f(淹水/坡災潛勢,淹水/坡災設施型式) (2)

淹水/坡災脆弱度= Round(潛在影響程度×W6+(6-淹水/坡災設施調適能力)×W7) (3)

其中

潛在影響程度＝ Round(產值×W1＋ 交通量×W2) (4)

淹水/坡災設施調適能力 =Round(淹水/坡災設施安全性×W3+淹水/坡災預警應變作為×W4+替代道路數×W5) (5)

W1:產值在潛在影響程度權重，預設 0.5
W2:交通量在潛在影響程度權重，預設 0.5
W3:設施安全性在設施調適能力權重，預設 0.33
W4:預警應變作為在設施調適能權重，預設 0.33
W5:替代道路數在設施調適能力權重，預設 0.33
W6:潛在影響程度在脆弱度權重，預設 0.5
W7:設施調適能力在脆弱度權重，預設 0.5

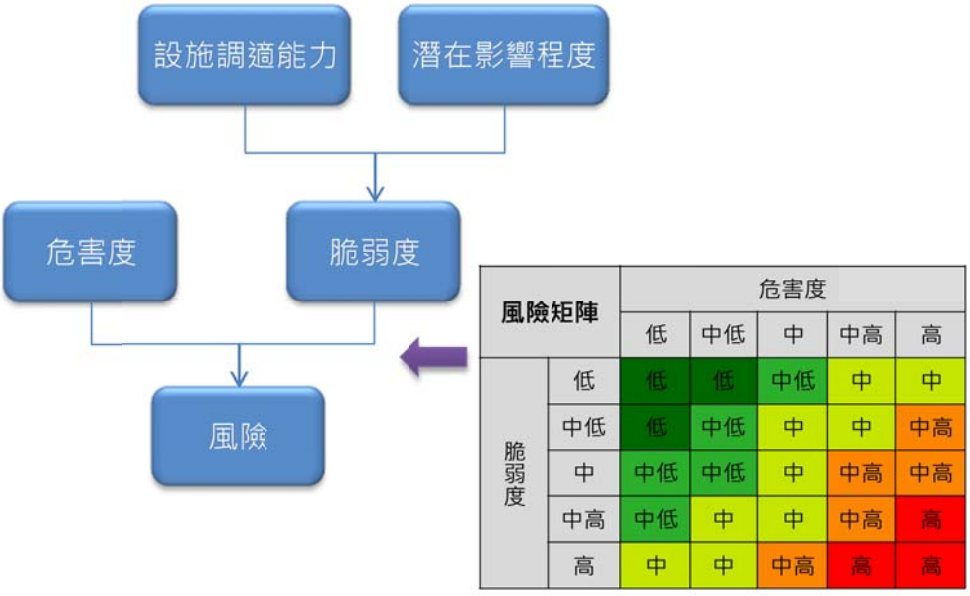


圖 3.4.2 風險評估流程與風險矩陣

3.4.3 風險評估指標精進

1. 危害度

(1) 危害度調整過程

①淹水分級調整

因應公路與鐵路設施差異，本期在檢討淹水危害度時，考量一般汽車在 0.3 公尺以下仍可行駛，當淹水高度在胎面 3/4 高度時，已有進氣口進水(約為 0.5 公尺)之風險，然而現有掌握資料無法將 0.3~1 公尺分級再進行分級，故先將原本 2 級分之 0.3~1 公尺分級調整為 3 級分，1 公尺以上視為 5 級分；鐵路部分其設施結構如圖 3.4.3 所示，不同路段設計高程因實際條件略有差異，但基本高程皆在 1 公尺以上，爰將鐵路淹水分級比照公路方式調整，平面段 1 公尺以上皆為高等級。未來第三代淹水潛勢圖更新時，建議應取得模擬淹水高程數值，如此可針對公路、鐵路進行不同淹水高程分級評估。

②納入設施型式

在各單位訪談會議中，多數對於應考慮設施高程之意見皆有提出，另外亦有提出高架、隧道較無淹水疑慮，隧道較無坡災疑慮之意見。然而在高程資料完整性上，尚無法取得所有設施高程與地形高程差異資料，因此，仍以設施型式作為危害度等級調整判定。



資料來源：本計畫彙整。

圖 3.4.3 軌道結構圖

(2) 危害度調整結果

依淹水分級調整與設施型式調整後危害度分級，分為淹水與坡災，分別如圖 3.4.4 和圖 3.4.5 所示；臺鐵、高鐵地下隧道，200 重現年內在設計標準內視同隧道，超過 200 重現年依地下型式。

淹水危害等級	淹水潛勢(公尺)				
	低 (0.3以下)	中低 (0.3~1)	中 (1~2)	中高 (2~3)	高 (超過3)
高架/河川橋/隧道/路堤	低	低	低	低	低
平面	低	中	高	高	高
地下	中低	中高	高	高	高

資料來源：本計畫彙整。

圖 3.4.4 淹水危害度分級

坡災危害等級	坡災潛勢				
	低	中低	中	中高	高
隧道	低	低	低	低	低
其他	低	中低	中	中高	高

資料來源：本計畫彙整。

圖 3.4.5 坡災危害度分級

2. 產值

(1) 產值調整過程

①產值分級調整

潛在影響程度面向中之產值是相當重要的指標，然而未來年產值並不易預測，作法上，本計畫以本所城際需求模式預測之 120 年及業人口成長量，推算產值變化，作為未來年產值指標分析之基礎。並同時考量現況與未來年產值分布狀況，以資料統計分佈之「離散程度」，極端值各占 10~15%，中間三級距以均等概念切分，約各佔 25~35%，進行等級界定及取整數操作，調整界定之各鄉鎮產值分布比例如表 3.4-4。

表 3.4-4 產值分級分布

分級	級距(億元)	鄉鎮個數_100 年	鄉鎮個數_120 年	鄉鎮個數_100 年	鄉鎮個數_120 年
低(1)	0~<10 51		45	14.5%	12.8%
中低(2)	10~<55 86		84	24.4%	23.9%
中(3)	55~<300 86		80	24.4%	22.7%
中高(4)	300~<1,500 84		85	23.9%	24.1%
高(5)	>=1,500 45		58	12.8%	16.5%

資料來源：本計畫彙整。

②產值範圍

在計畫推動過程中，曾有單位提出特定路段代表之重要性，非僅該路段所在之鄉鎮產值，如桃園機場和新竹科學園區中路段，其路段中斷時，影響程度高於其所在鄉鎮，但因此部分之標準需配合特定運輸需求之起迄進行分析，與本計畫針對為全臺設施風險評估目的不同，故不特別針對特定鄉鎮或設施間運輸需求進行調整，但在交通量指標中，已可隱含不同區域間往返所產生之運輸需求。

(2) 產值調整結果

依據現況與未來年產值分布狀況，調整產值分級界定，調整結果之產值分級如表 3.4-5 所示，而介於鄉鎮界之路段則採較高標準認定，取其產值較高者。

表 3.4-5 產值分級

潛在影響等級	產值範圍(億元)
高(5)	>=1,500
中高(4)	300~<1,500
中(3)	55~<300
中低(2)	10~<55
低(1)	0~<10

資料來源：本計畫彙整。

3. 交通量

(1) 交通量調整過程

交通量之分級延續前期計畫分析結果，以「離散程度」，極端值各占 10~15%，中間三級距以均等概念切分，約各佔 25~35%，並微調為整數以利於操作，進行分級界定。

在指標討論過程中，亦曾有討論是否依車道數平均交通量來進行路段間比較，但考量評估重點是針對運輸設施中斷所影響交通量進行評估，故維持採用路段全日交通量，並避免順逆向差異，本計畫採用之交通量在國道、快速公路、省道皆採用平日全日雙向交通量進行分析。

(2) 交通量調整結果

依交通量由單向改為雙向分級，將分級之交通量進行調整，調整後之交通量分級如表 3.4-6 所示。

表 3.4-6 交通量分級

潛在影響等級	高鐵站間日搭乘人數	臺鐵站間日搭乘人數	國道日交通量(PCU)	快速公路日交通量(PCU)	省道日交通量(PCU)
高(5) 7	萬以上	5 萬以上 20	萬以上 20	萬以上 20	萬以上
中高(4) 5-7	萬 2.5	萬-5 萬 10	萬-20 萬	10 萬-20 萬	5 萬-20 萬
中(3) 3-5	萬 1.5	萬-2.5 萬	5 萬-10 萬	5 萬-10 萬	2 萬-5 萬
中低(2) 1-3	萬	5 千-1.5 萬	2 萬-5 萬	2 萬-5 萬	1 萬-2 萬
低(1) 1	萬以下	5 千以下	2 萬以下	2 萬以下	1 萬以下

資料來源：本計畫彙整。

4. 設施安全性

(1) 設施安全性調整過程

①淹水設施安全調整

前期計畫使用之橋梁結構安全性指標等級係取自臺灣地區橋梁管理資訊系統，屬綜合評估後之安全度，因將橋梁全部構件皆納入評估，故指標調整討論初期曾改為引用橋梁之優選指標(Priority Index, PI)，僅針對與結構安全項目有關之構件劣化狀況進行評分。然而從資料分布狀況，在省道高架橋梁路段 2,724 筆資料中，99.08%在 90 分以上，因此並不適合用於設施安全性指標之分級。

接續調整方向改以設施設計年期作為分級依據，以設施排水規範作為分級界定，公路排水設計規範 1987 年頒布，迄今 2001 和 2009 年歷經 2 次修訂，故以 1987、2001 和 2009 年作為分級界定，並以 2021 年計畫之調適未來年作為設施安全提升之分界年度；鐵路依據鐵路修建養護規則首頒與修訂年期 1960、1981、2006 作為分級界定，同公路以 2021 年計畫之調適未來未來年作為設施安全提升之分界年度。鐵路修建養護規則調整次數較多，排除輕微調整者後，

僅選擇1981和2006年二年，因此兩年規範調整有做大幅條文擴增，且多條與排水有關之故。

表 3.4-7 鐵路修建養護規則修訂內容排水相關摘錄

修訂年期	修訂內容	排水相關條文
1981	擴增 95 條文	第 68 條排水不良或噴泥之處所，應當將道碴過篩，並將篩出之土砂儘量利用於坡 肩或坡面處，必要時應採用適當方法改善。 第 69 條在隧道橋臺背後、平交道、道岔及鋼軌接縫附近等處，應使用品質較優之 道碴加強搗固，並使排水暢通。 第 70 條路基及道碴截面應依鐵路機構標準圖之規定，對於鬆軟或排水不暢之處， 應設法改善。 路基下沉致道碴保持困難時，應填補路肩及邊坡，使其恢復原狀。 第 77 條隧道上及隧道內之排水設備，應經常檢查，保持排水暢通。 隧道內頂部漏水砌縫脫落或隧道頂拱圈認為有修理之必要時，應即修繕。 隧道、橋梁建築淨空內之電線或其他設施，對建築淨空有無妨礙應每年最 少施行定期檢查一次。
2006	擴增 166 條文	第 146 條軌道有排水不良或噴泥之處所，鐵路機構應採用適當方法改善。 第 147 條在隧道、橋臺背後、平交道、道岔及鋼軌接頭附近等處之道碴，鐵路機構 應加強搗固，確實養護，並使排水暢通。 第 148 條鐵路機構在路基及道碴應依規定養護，對於下沉、鬆軟或排水不良之處，鐵路機構應採用適當方法改善或調整之。 第 154 條隧道上及隧道內之排水設施，鐵路機構應經常檢查，保持排水暢通。 隧道內頂部漏水、襯砌剝離或隧道頂拱圈損傷，鐵路機構認為有修理之必 要時，應即修繕。 隧道、橋梁建築界限外之附掛物或其他設施，鐵路機構應經常巡查，以防 止其侵入建築界限內。

資料來源：本計畫彙整。

將設施年期作為設施安全之認定標準較受爭議，因為若設施所在區域危害度高，即使設施改建後也難以完全改善，但在評估方法中，設施安全僅為脆弱度之 1 項指標，危害度高地區仍為至少風險中以上，而設施改建對於安全之提升應有一定比例反應其風險降低，

並藉此反應老舊設施應加強檢視之處，故現階段仍透過年期為界定方式。

②坡災設施安全調整

採納各設施單位之邊坡分級為設施安全指標，目前鐵公路管理機關邊坡分級管理係皆以 A(代表危險)至 D (代表安全)等級代表。因臺鐵僅南迴路段完成邊坡分級，爰其餘路段未完成邊坡分級者則依中等級設定。

③設施安全呈現方式調整

配合設施調適能力指標改為正向表述，故將設施調適能力等級高(5 級分)表示設施調適能力好，相對表示脆弱度低。

(2) 設施安全性調整結果

調整後之設施安全性分為淹水和坡災不同分級，以反應設施在面對淹水與坡災風險下之不同差異。

表 3.4-8 淹水-設施安全分級

調適能力等級	公路年期	鐵路年期
低(1) 1987	年前 1960	年前
中低(2) 1988~2001	年 1961~1981	年
中(3) 2002~2009	年 1982~2006	年
中高(4) 2010~2020	年 2007~2020	年
高(5) 2021	年後 2021	年後

資料來源：本計畫彙整。

表 3.4-9 坡災-設施安全分級

調適能力等級	邊坡分級
低(1)	A
中低(2)	B
中(3)	C
中高(4)	D
高(5)	無邊坡、無分級

資料來源：本計畫彙整。

5. 替代道路數

(1) 替代道路數調整過程

替代道路數之計算方式可透過周邊道路數、最近路口距離、旅行時間模擬、重要道路圈定，路口範圍遞減等方法。考量本計畫需分析全臺範圍與各單位應用之操作性，因此維持前期之評估方式，透過周邊道路數進行分析。

(2) 替代道路數調整結果

①公路替代道路數

國快道為封閉式道路，需藉由交流道出入，考量既有國道系統交流道間之平均間距約 10 公里(即服務半徑 5 公里)。而一般省道系統主要服務沿線鄉鎮之短程城際旅次，概算全國鄉鎮之平均長寬距離約 5 公里，以此作為參考基礎，將省道之服務半徑設定為道路兩側 2.5 公里；至於連絡臺灣東西部之台 9 線蘇花、南迴路段，考量為宜花地區連絡北、南部之唯一道路，故將路段之影響範圍擴大設定為宜花地區。

②軌道替代道路數

以系統之營運里程除以車站數，換算每一車站之平均服務範圍及影響半徑。高鐵路線全長 345 公里，除臺北都會區內車站距離較近(現況 2 處車站、未來 3 處)，其他既有高鐵車站間之距離約 50 公里，服務半徑約 25 公里，故以此值作為車站影響半徑。臺北都會區內車站雖距離相對較近，但服務範圍可及宜花地區，故採同其他車站之服務半徑設定方式。臺鐵營運路線長 1,085 公里，車站 220 座，車站平均距離約 5 公里，設定車站服務半徑為 2.5 公里。考量鐵路服務特性單一路段中斷會影響調派等因素，故路段之替代道路數依臨近車站之替代道路數而定，即 2 車站中間路段前段取前站，後段取後站，中間路段取 2 者較低者。

③替代道路分類

考量各運輸系統服務特性，以功能相近之道路作為替代道路之選擇。國快道之替代道路為功能相近之國道、快速公路、省道；省道之替代道路為國道、省道、縣道、鄉道、偏遠地區之產業道路；高鐵之替代道路為國道、快速公路及省道；臺鐵系統之替代道路包含國道、省道、縣道、鄉道、市區道路、產業道路等。

④替代道路數指標分級

同產值、交通量指標分級方式，依資料「離散程度」做為分級界定方式，分級如表 3.4-9。

表 3.4-10 替代道路數分級

調適能力等級	高鐵	臺鐵	國道及快速公路	省道
低(1)	≦5	≦2	≦1	≦1
中低(2) 5<X	≦8 2<X	≦4 1<X	≦3 1<X	≦3
中(3) 8<X	≦10 4<X	≦7 3<X	≦5 3<X	≦5
中高(4) 10<X	≦13 7<X	≦10 5<X	≦8 5<X	≦8
高(5)	>13 >10		>8	>8

資料來源：本計畫彙整。

6. 預警應變作為

(1) 預警應變作為調整過程

前期指標名稱為監測，但由於監測系統並非所有路段都需要，而是有需要才進行裝設，故採用正向認定方式，設定基本等級為 3 分；若僅有監測無對應作為，並不能達到預警應變作用。至於封路或停駛僅降低初步潛在影響,若能透過區域簡訊廣播、交通資訊顯示板(CMS)等系統，讓民眾可及早自行避災或選擇其他路線，可更進一步降低影響。

在實務操作上，該指標之判定依據難以有量化標準，但仍可透過比較方式來進行，對於不同路段來說，有監測系統路段其預警應變能力一般優於無監測系統路段；此外重點監控路段其反應速度一般高於非重點監控，各單位應用該指標時，仍可依其所認知之該路段預警應變能力優劣給予不同分級。

災防觀念中，防災重於救災，而離災又優先於防災。其中，防災是指於災害發生前所採取的防範措施；而離災是使可能受災損的對象遠離可預期的災害。以下就機關訪談所瞭解各重大鐵公路管理機關之災害(風險)管理機制彙整說明：

①高鐵

臺灣高鐵公司風險管理自高鐵計畫開始，即依歐洲標準規範EN50126採行危害管理系統(Hazard Ma nagement System)，應用於高鐵系統生命週期內之設計、興建及營運階段。高鐵計畫所辨識出之危害，均已透過工程設計及規章程序等方式，減輕至合理可接受(As Low As Reasonable Practicability, ALARP) 之程度。換言之，臺灣高鐵公司依現行行車運轉相關規則及緊急應變計畫所採行之作業程序，皆為經災害(風險)管理程序考慮各個相關危害(風險)後所擬定之適切方案。此過程亦已經獨立驗證單位(LRPT)驗證其為有效降低風險之程序。

於災害預警方面，臺灣高鐵主要仰賴天然災害告警系統(DisasterWarn-ingSystem，DWS)，如圖 3.8.3-1 所示，以密集佈設於沿線之各項偵測設備，隨時偵測地震、強風、豪雨、邊坡滑動、坍方、落石及洪水等狀況，一旦偵測到任何突發狀況的警訊，就會透過列車自動控制系統（AutomaticTrainControlsystem，ATC）立即啟動自動緊急停車訊號，並即時傳送警訊至列車及行控中心，使列車駕駛及組員能迅速進行各項反應措施，以保障旅客安全。

應變機制豪雨時期，訂有相關運行標準，當每秒風速在 25 至 30 公尺間，同時每小時的風速在 90 公里至 108 公里間，列車需限速 120 公里，當風速每秒大於 30 公尺，每小時大於 108 公里，列車就需進一步限速至 70 公里，若風速每秒大於 30 公尺，每小時大於 108 公里的強風持續下去，列車就需停駛；106 年 7 月強颱尼伯特時期，依據氣象預報提前宣布停駛，讓民眾可提前因應。

②臺鐵

日常作業期間依循「交通部台灣鐵路管理局路線巡查安全作業程序」進行巡查管理，在豪雨期間則依循「豪雨時期路線巡查及列車運轉處理要點」，施行慢行、停駛等防災作為。

於災害預警方面，同中央氣象局、經濟部水利署、農委會水土保持局及美國劇烈風暴實驗室所共同開發劇烈天氣監測系統(QPESUMS)，對於重點監控路段，設定預警、警戒、行動 3 階段進

行時雨量和 24 小時累積降雨進行監控管理，監控值每三個月定期由各鐵路段回報修正。

③國道

高公局對國道高速公路之設計、興建及營運已納入生命週期的概念，即採工程設計(ex:提高安全係數)等方式減少發生災害的機率。平時主要以「公路養護規範」、「高速公路養護手冊」進行相關養護作業。

豪雨期間依循「公共工程汛期間工地防災減災作業要點」、「加強辦理汛期工程防災及減災作業注意事項」、「災害防救標準作業程序」；災害發生時亦訂有「國道高速公路局重大災害處理要點」、「國道高速公路災害搶修處理要點」作為搶修、通報之標準作業程序。

於災害預警方面，依路段需求進行必要之監測，主要考量危害因子包括地震、淹水、邊坡滑動、坍方、濃霧、風速等，大都參採氣象局即時氣象資訊，而高公局另有針對坡地災害預警作業建置了國道邊坡管理系統，其系統參採的資料包括地調所之地質災害潛勢區圖、水利署之淹水潛勢圖、水保局之土石流潛勢溪流等，並配合現地監測資料結果，研判災害發生的潛勢，以有效地進行邊坡災害管理。

④快速公路、省道

日常養護管理公路總局依循「公路養護規範」、「公路修建養護管理規則」、「公路邊坡大地工程設施維護與管理規範」，進行規定頻率之巡查管理，並透過巡查管理系統作為缺失追蹤管理。

豪雨期間同國道依循「公共工程汛期間工地防災減災作業要點」、「加強辦理汛期工程防災及減災作業注意事項」；並透過公路防救災資訊系統(Bobe)進行災害管理，重點監控路段分「一級監控路段」、「二級監控路段」設定不同之預警、警戒、行動 3 級應變作為方案；部分重要聯外道路如台 9 線，更透過內政部消防署建置的「EMIC 應變管理資訊雲端服務」防救災訊息發送平台，以

CBS(細胞廣播服務)，進行區域推播，讓民眾自行選擇其他替代路線/運具，減少端點路口之壅塞情況，進一步降低影響程度。

(2) 預警應變作為調整

依機關訪談結果，在預警應變作為指標中，透過監測系統所在區位，依監測設備類別分為淹水與坡災之差異，另外將重點監控路段納入給予等級中高分級；並給予有運用「EMIC 應變管理資訊雲端服務」防救災訊息發送平台主動通報民眾，或高鐵全線有完整監控系統者，給予等級高分級。

表 3.4-11 預警應變作爲分級

調適能力等級	預警應變作為
中(3)	一般養護巡查/未設定行動值
中高(4)	監測系統/重點監控/有設定行動值
高(5)	主動通報民眾

資料來源：本計畫彙整。

3.4.4 小結

綜整本計畫與前期評估指標精進之差異(包含處理方式及分級標準)。

1.評估方法的更改

(1) 指標名稱調整

調整指標名稱為：社經影響程度改為潛在影響程度、運輸設施的現有能力改為設施調適能力、橋梁結構安全性改為設施安全性、監測系統改為預警應變作為。

(2) 風險矩陣調整

依據鐵公路管理機關訪談，多數針對前期鐵公路氣候變遷風險熱點表示，風險熱點主要係因於設施本身區位即屬風險較高之區域(如：地表低窪處、坡地不穩定處)，爰於本計畫中調高部分危害度中高以上對應之風險等級，如表 3.4-12。

(3) 評估公式調整

加入權重概念，設施調適能力改為正向分級，等級越高表越安全，故計算脆弱度時需進行轉換。

表 3.4-12 評估方法調整

說明項目	前期(104)年方法	本計畫方法
指標名稱	1. 社經影響程度 2. 運輸設施的現有能力 3. 橋梁結構安全性 4. 監測系統	1. 潛在影響程度 2. 設施調適能力 3. 設施安全性 4. 預警應變作為
風險矩陣		
評估公式	淹水/坡災風險=f(淹水/坡災危害度, 脆弱度) 淹水/坡災危害度=f(淹水/坡災潛勢) 交通設施脆弱度 = 取平均(潛在影響程度 , 運輸設施的現有能力) 潛在影響程度 = 取平均(交通量, 產值) 設施調適能力 = 取平均(橋梁結構安全性,監測,替代道路數)	淹水/坡災風險=f(淹水/坡災危害度, 脆弱度) 淹水/坡災危害度 =f(淹水/坡災潛勢, 設施型式) 淹水/坡災脆弱度= Round(潛在影響程度×W6+(6-淹水/坡災設施調適能力)×W7) 潛在影響程度 =Round(產值×W1 + 交通量×W2) 淹水/坡災設施調適能力 =Round(設施安全性×W3+預警應變作為×W4+替代道路數×W5) W1:產值在潛在影響程度權重，預設 0.5 W2:交通量在潛在影響程度權重，預設 0.5 W3:設施安全性在設施調適能力權重，預設 0.33 W4:預警應變作為在設施調適能權重，預設 0.33 W5:替代道路數在設施調適能力權重，預設 0.33 W6:潛在影響程度在脆弱度權重，預設 0.5 W7:設施調適能力在脆弱度權重，預設 0.5

資料來源：本計畫彙整。

2.評估指標的調整

(1) 危害度

依設施型式調整危害度等級。

(2) 產值

增加未來年，並依「離散程度」調整分級。

(3) 交通量

公路由單向改為雙向交通量，並調整分級為雙向交通量之分級。

(4) 設施安全性

①前期依橋梁管理系統 CI 值評估，改為淹水依設施年期，坡災改依邊坡分級。

②負向表述改正向表述，設施調適能力等級低(5)改為(1)級分。

(5) 預警應變作為

①前期依監測設施點位，改為分淹水/坡災分監測設施。

②前期監測設施影響半徑(50 公尺)內路段納入監測範圍資料，改為納入監測計畫中監測範圍，無監測計畫範圍設施依前期。

③納入重點監控路段。

④具完整監測與預警告知民眾封路停駛路段給予高評分。

⑤負向表述改正向表述，設施調適能力等級低(5)改為(1)級分。

(6) 替代道路數

負向表述改正向表述，設施調適能力等級低(5)改為(1)級分，評估方式未調整，依道路等級設定可替代道路等級、服務半徑。

表 3.4-13 評估指標調整

<table>
<tr><th>指標項目</th><th>前期(104)年方法</th><th>本計畫方法</th></tr>
<tr><td>淹水危害度</td><td>
<table>
<tr><th>淹水危害等級
(淹水潛勢公尺)</th><th>低
(0.3以下)</th><th>中低
(0.3~1)</th><th>中
(1~2)</th><th>中高
(2~3)</th><th>高
(超過3)</th></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">淹水危害等級</th><th colspan="5">淹水潛勢(公尺)</th></tr>
<tr><th>低
(0.3以下)</th><th>中低
(0.3~1)</th><th>中
(1~2)</th><th>中高
(2~3)</th><th>高
(超過3)</th></tr>
<tr><td>高架/河川橋/隧道/路堤</td><td>低</td><td>低</td><td>低</td><td>低</td><td>低</td></tr>
<tr><td>平面</td><td>低</td><td>中</td><td>高</td><td>高</td><td>高</td></tr>
<tr><td>地下</td><td>中低</td><td>中高</td><td>高</td><td>高</td><td>高</td></tr>
</table>
臺鐵、高鐵地下隧道重現 200 年內視為隧道，超過重現 200 年依地下
</td></tr>
<tr><td>坡災危害度</td><td>
<table>
<tr><th>坡災危害等級
(崩塌機率)</th><th>低
(<0.2)</th><th>中低
(0.2~0.4)</th><th>中
(0.4~0.6)</th><th>中高
(0.6~0.8)</th><th>高
(≧0.8)</th></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">坡災危害等級</th><th colspan="5">坡災潛勢(崩塌機率)</th></tr>
<tr><th>低
(<0.2)</th><th>中低
(0.2~0.4)</th><th>中
(0.4~0.6)</th><th>中高
(0.6~0.8)</th><th>高
(≧0.8)</th></tr>
<tr><td>隧道</td><td>低</td><td>低</td><td>低</td><td>低</td><td>低</td></tr>
<tr><td>其他</td><td>低</td><td>中低</td><td>中</td><td>中高</td><td>高</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>產值</td><td>
<table>
<tr><th>潛在影響等級</th><th>產值範圍(億元)</th></tr>
<tr><td>高(5)</td><td>>=1,056</td></tr>
<tr><td>中高(4)</td><td>295~<1,056</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>86~<295</td></tr>
<tr><td>中低(2)</td><td>24~<86</td></tr>
<tr><td>低(1)</td><td>0~<24</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th>潛在影響等級</th><th>產值範圍(億元)</th></tr>
<tr><td>高(5)</td><td>>=1,500</td></tr>
<tr><td>中高(4)</td><td>300~<1,500</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>55~<300</td></tr>
<tr><td>中低(2)</td><td>10~<55</td></tr>
<tr><td>低(1)</td><td>0~<10</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>交通量</td><td>
<table>
<tr><th>潛在影響等級</th><th>高鐵站間日搭乘人數</th><th>臺鐵站間日搭乘人數</th><th>國道日交通量(PCU)</th><th>快速公路日交通量(PCU)</th><th>省道日交通量(PCU)</th></tr>
<tr><td>高(5)</td><td>7萬以上</td><td>5萬以上</td><td>10萬以上</td><td>10萬以上</td><td>10萬以上</td></tr>
<tr><td>中高(4)</td><td>5~7萬</td><td>2.5萬~5萬</td><td>5萬~10萬</td><td>5萬~10萬</td><td>2.5萬~10萬</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>3~5萬</td><td>1.5萬~2.5萬</td><td>2.5萬~5萬</td><td>2.5萬~5萬</td><td>1萬~2.5萬</td></tr>
<tr><td>中低(2)</td><td>1~3萬</td><td>5千~1.5萬</td><td>1萬~2.5萬</td><td>1萬~2.5萬</td><td>5千~1萬</td></tr>
<tr><td>低(1)</td><td>1萬以下</td><td>5千以下</td><td>1萬以下</td><td>1萬以下</td><td>5千以下</td></tr>
</table>
公路為單向交通量
</td><td>
<table>
<tr><th>潛在影響等級</th><th>高鐵站間日搭乘人數</th><th>臺鐵站間日搭乘人數</th><th>國道日交通量(PCU)</th><th>快速公路日交通量(PCU)</th><th>省道日交通量(PCU)</th></tr>
<tr><td>高(5)</td><td>7萬以上</td><td>5萬以上</td><td>20萬以上</td><td>20萬以上</td><td>20萬以上</td></tr>
<tr><td>中高(4)</td><td>5~7萬</td><td>2.5萬~5萬</td><td>10萬~20萬</td><td>10萬~20萬</td><td>5萬~20萬</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>3~5萬</td><td>1.5萬~2.5萬</td><td>5萬~10萬</td><td>5萬~10萬</td><td>2萬~5萬</td></tr>
<tr><td>中低(2)</td><td>1~3萬</td><td>5千~1.5萬</td><td>2萬~5萬</td><td>2萬~5萬</td><td>1萬~2萬</td></tr>
<tr><td>低(1)</td><td>1萬以下</td><td>5千以下</td><td>2萬以下</td><td>2萬以下</td><td>1萬以下</td></tr>
</table>
公路為雙向交通量
</td></tr>
</table>

表 3.4-13 評估指標調整(續)

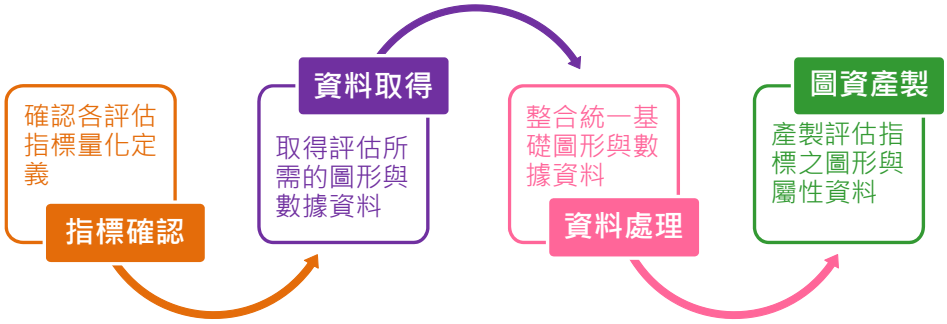
<table>
<tr><th>指標項目</th><th>前期(104)年方法</th><th>本計畫方法</th></tr>
<tr><td>設施安全性(坡災)</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">設施安全性</th></tr>
<tr><td>調適能力等級</td><td>橋梁安全分數</td></tr>
<tr><td>低(5)</td><td>80分以下</td></tr>
<tr><td>中低(4)</td><td>80~90分</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>90~100分或無橋梁路段</td></tr>
<tr><td>中高(2)</td><td>–</td></tr>
<tr><td>高(1)</td><td>–</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">設施安全性(坡災)</th></tr>
<tr><td>調適能力等級</td><td>邊坡分級</td></tr>
<tr><td>低(1)</td><td>A級</td></tr>
<tr><td>中低(2)</td><td>B級</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>C級</td></tr>
<tr><td>中高(4)</td><td>D級</td></tr>
<tr><td>高(5)</td><td>無邊坡、無分級</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>設施安全性(淹水)</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">設施安全性</th></tr>
<tr><td>調適能力等級</td><td>橋梁安全分數</td></tr>
<tr><td>低(5)</td><td>80分以下</td></tr>
<tr><td>中低(4)</td><td>80~90分</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>90~100分或無橋梁路段</td></tr>
<tr><td>中高(2)</td><td>–</td></tr>
<tr><td>高(1)</td><td>–</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th colspan="3">設施安全性(淹水)</th></tr>
<tr><td>調適能力等級</td><td>公路年期</td><td>鐵路年期</td></tr>
<tr><td>低(1)</td><td>1987年前</td><td>1960年前</td></tr>
<tr><td>中低(2)</td><td>1988~2001年</td><td>1961~1981年</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>2002~2009年</td><td>1982~2006年</td></tr>
<tr><td>中高(4)</td><td>2010~2020年</td><td>2007~2020年</td></tr>
<tr><td>高(5)</td><td>2021年後</td><td>2021年後</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>預警應變作為</td><td>
<table>
<tr><th>調適能力等級</th><th>預警應變作為</th></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>無監測系統</td></tr>
<tr><td>中高(2)</td><td>有監測系統</td></tr>
<tr><td>高(1)</td><td>–</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th>調適能力等級</th><th>預警應變作為</th></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>一般養護巡查/未設定行動值</td></tr>
<tr><td>中高(4)</td><td>有監測系統/重點監控/有設定行動值</td></tr>
<tr><td>高(5)</td><td>主動通報民眾</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>替代道路數</td><td>
<table>
<tr><th>調適能力等級</th><th>高鐵</th><th>臺鐵</th><th>國道及快速公路</th><th>省道</th></tr>
<tr><td>低(5)</td><td>≦5</td><td>≦2</td><td>≦1</td><td>≦1</td></tr>
<tr><td>中低(4)</td><td>5<X≦8</td><td>2<X≦4</td><td>1<X≦3</td><td>1<X≦3</td></tr>
<tr><td>中(3)</td><td>8<X≦10</td><td>4<X≦7</td><td>3<X≦5</td><td>3<X≦5</td></tr>
<tr><td>中高(2)</td><td>10<X≦13</td><td>7<X≦10</td><td>5<X≦8</td><td>5<X≦8</td></tr>
<tr><td>高(1)</td><td>>13</td><td>>10</td><td>>8</td><td>>8</td></tr>
</table>
</td><td>無變更</td></tr>
</table>

資料來源：本計畫彙整。

第四章 鐵公路風險地圖產製

4.1 風險地圖處理流程

依循前述風險評估指標調整方式，將風險評估分為危害度與脆弱度兩個面向，面向下的評估指標再透過空間量化與矩陣運算後產製指標圖資，地圖處理流程如圖 4.1.1，各指標地圖處理方式說明如下。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.1 評估指標圖資處理流程

4.1.1 路網圖

重大公路建設包括「國道」、「快速公路」以及「省道」；重大軌道建設的「臺鐵主線」以及「高鐵全線」。基礎路網圖資來自 104 年交通部路網數值圖(表 4.1-1)，再依據各運輸系統分析單元(表 4.1-2)進行分段處理，作為各指標項目的分析評估單元。

表 4.1-1 基礎路網圖資來源

項目	使用圖資	資料來源
運輸系統(國道、快速公路、省道、高鐵、臺鐵)	104 年交通部路網數值圖	交通部管理資訊中心
運輸系統里程數	臺鐵里程、省道里程、高鐵里程、臺鐵里程	GIS-T、高鐵公司、臺鐵局

資料來源：本計畫彙整。

表 4.1-2 各運輸系統分析單元

系統別	分析單元	系統別	分析單元
國道	100 公尺	臺鐵	100 公尺
快速公路	100 公尺	高鐵	250 公尺
省道	500 公尺		

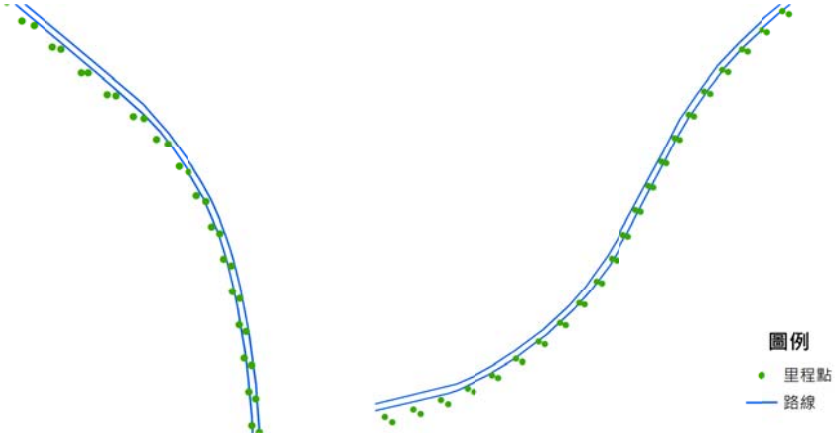
資料來源：本計畫彙整。

1.國道

國道路網 100 公尺分析單元處理主要透過 GIS-T 交通網路地理資訊倉儲系統上高公局提供之國道里程數與國道路網套疊分段處理，方法如下：

(1)依路線編號各別分出對應之線段與里程點

考量路網與里程點圖資來自不同來源，套疊上仍有部分位置的偏差，為利於分割作業，避免使用到不同路線、方向的里程點，故將國道線形、里程點依路線別、方向性進行篩選、另存出其相關圖檔，如：國 1 北上、國 1 南下的線形與里程點，並可先初步確認里程點是否有缺漏或與路線偏移較遠的點位。

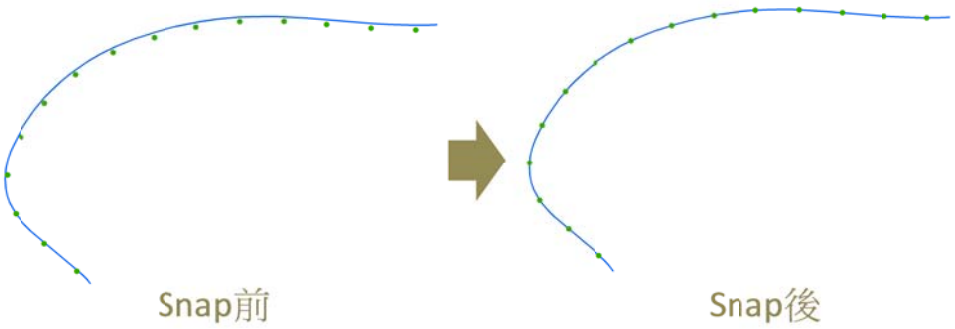


資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.2 國道路線與里程點

(2)將里程點吸附至線段上並依里程點位置分段

為使路線可依里程點位位置做分段，須確保里程點位在路線段上，透過 GIS 軟體中的”Snap”工具將里程點移至最近的線段位置上，最後利用”SplitLineatPoint”工具，將線段進行分段。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.3 Snap 工具處理前後示意圖

(3)將里程編號填入線段屬性中

利用 GIS 軟體中的”SpatialJoin”工具，將里程點資訊與路線圖層做連結，再透過 EXCEL 的排序功能，依 ID、Mileage 大小進行排序，分出各線段的起迄里程編號，並將起迄里程值匯入屬性表中。

(4)填入道路結構元件資訊

依路網數值圖的道路圖層屬性表"ROADSTRUCT(道路結構碼)"，透過 GIS 軟體中”SpatialJoin”的工具，填入對應的結構值，若路段含括兩種結構則依結構可能造成風險的嚴重度優先填入，如表 4.1-3 所示。

表 4.1-3 道路結構元件填入優先序

元件別	道路結構屬性代碼	優先順序
平面	1：平面路段 5：匝道路段	2
平面高架	7：高架路段	3
河川橋	2：橋梁路段	4
隧道	3：隧道路段	5
地下道	4：地下路段	1

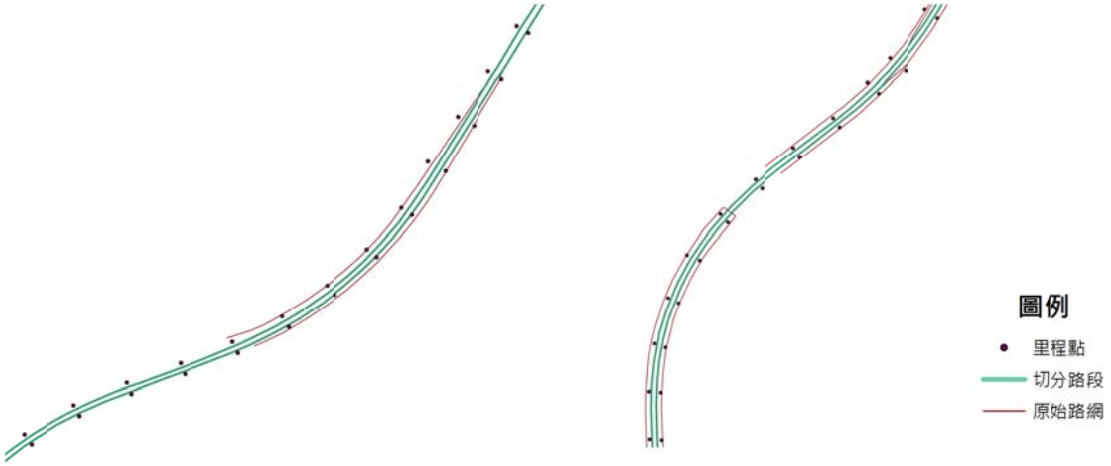
資料來源：本計畫彙整。

(5)標準化屬性欄位

依風險地圖分析所需之欄位格式，先行建置其欄位，以利後續指標分析成果值的填入。

2.快速公路

快速公路路網在數化上因有區分出車道數與平面匝道，而在交通部公路總局所提供之里程點僅提供單一雙向之點位，考量兩者資料的一致性與處理上的可操作性，在各方向的編號路線僅保留一個主要路線，再依循國道路線處理方式進行路網 100 公尺分析單元的切分。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.4 快速公路路網

3.省道

省道路網 500 公尺分析單元處理主要透過 GIS-T 交通網路地理資訊倉儲系統上交通部公路總局所提供的國道里程數與交通部的路網數值作套疊進行分段處理，其中因里程點計算單位為 100 公尺，在處理前須先篩選出 500 公尺所須的里程點位，再依循國道路線處理方式進行路網的切分。

4.臺鐵

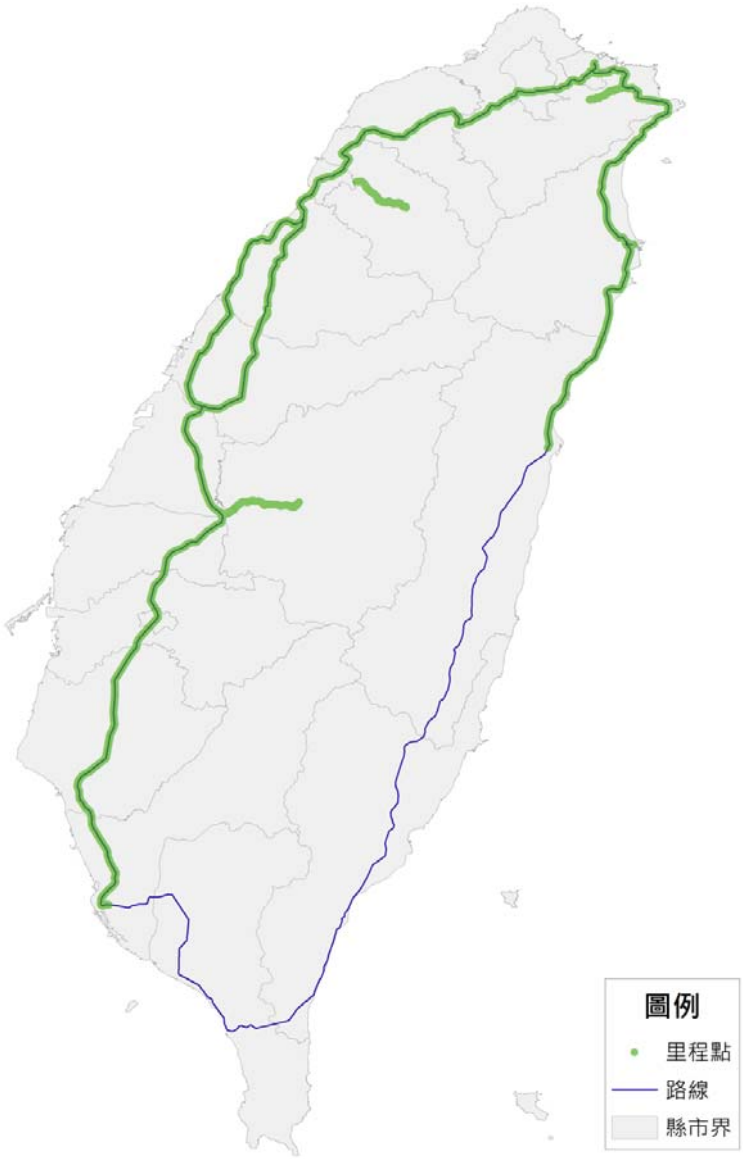
臺鐵路網 100 公尺分析單元處理主要依循臺鐵局所提供的里程點位進行路線切分，其處理方式將比照國道系統進行，唯在屏東線、南迴線與東部幹線因正在進行重測作業，未有相關里程點可供使用，故此部分路線切分上則參考臺鐵局網站各路線營里程起迄，配合 GIS 圖資的路線長度進行切分與里程編號，並將屏東線、南迴線在切分上視為是相同路線進行里程編號的順編。

另外，在交通部路網數值圖中，鐵路捷運圖層檔案未提供軌道結構類型相關資訊，故採用通用版電子地圖 RAIL(台灣鐵路)屬性表中"RAILTYPE(台灣鐵路類型代碼)"欄位，將結構、類型依元件別分類，填入屬性表"Structure"欄位中。

表 4.1-4 鐵路類型填入優先序

元件別	鐵路類型代碼	優先順序
平面	2：平面	2
平面高架	1：高架	3
隧道	4：高架隧道 5：平面隧道	4
地下道	3：地下化	1

資料來源：本計畫彙整。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.5 臺鐵里程點與路網

5.高鐵

高鐵路網250公尺分析單元處理主要利用高鐵公司所提供的里程點與交通部的路網數值作套疊，再依循國道路線處理方式進行路網的切分，而軌道結構部分則採用通用版電子地圖 HSRAIL(高速鐵路)屬性表中"HSTYPE(高速鐵路類型代碼)"欄位，將結構、類型依元件別分類，填入屬性表"Structure"欄位中。

由於目前交通部路網數值圖的道路圖層屬性尚未有線段里程資訊，在路網分段處理須仰賴於各主管機關所提供的圖資，然而在圖資來源、產製基礎不同的情況下，須花費較多時間在不同圖資的套疊與合理性判別處理，建議未來路網數值圖相關圖資能提供各系統里程資訊，將有利於各業務單位或專案執行上的使用，以減少資訊來源不一致的衝突產生。

4.1.2 危害度地圖

設施之危害度評估係以淹水與坡災潛勢代表評估淹水/坡災之發生機率程度，並結合設施型式(高架、平面、地下等)，相關圖資數化來源如表4.1-5，其評估處理方式說明如下：

表4.1-5 危害度圖資來源

項目	使用圖資	資料來源
坡災潛勢	坡地災害潛勢地圖	崩塌機率模式 (經濟部地調所)
淹水潛勢	第二代淹水潛勢圖	經濟部水利署
設施形式	104　年交通部路網數值圖	交通部管理資訊中心

資料來源：本計畫彙整。

1.不同情境、運輸系統之坡災與淹水潛勢分級

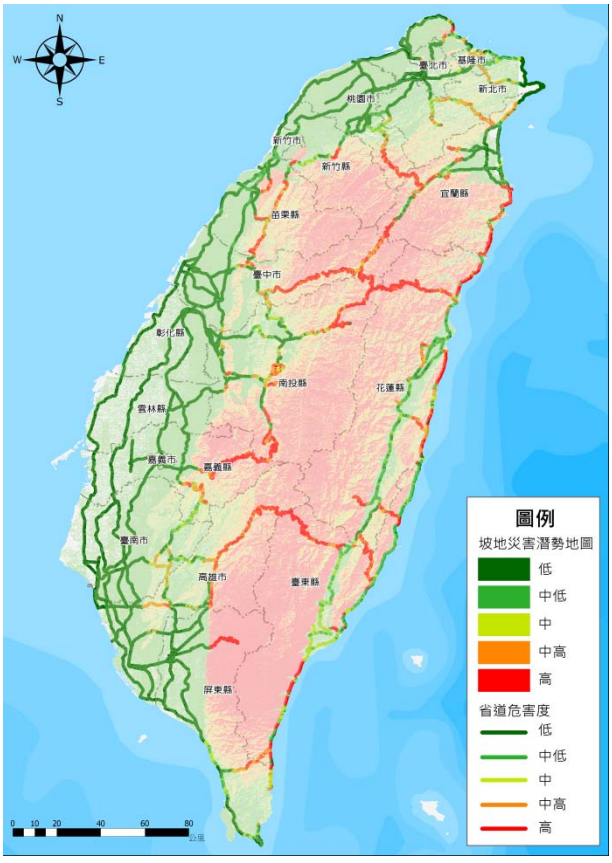
將6種分析情境的坡地災害潛勢地圖與3種分析情境的淹水災害潛勢地圖，依序利用 GIS 軟體中的”SpatialJoin”工具將鐵公路系統與各情境的災害潛勢地圖以空間位置對應方式，給予各運輸系統路段對應的災害潛勢分級，此外，若路段同時含括兩種以上的災害潛勢分級則取最大值，最後將各情境災害潛勢分級值填入對應之欄位。

2.處理潛勢地圖外路段

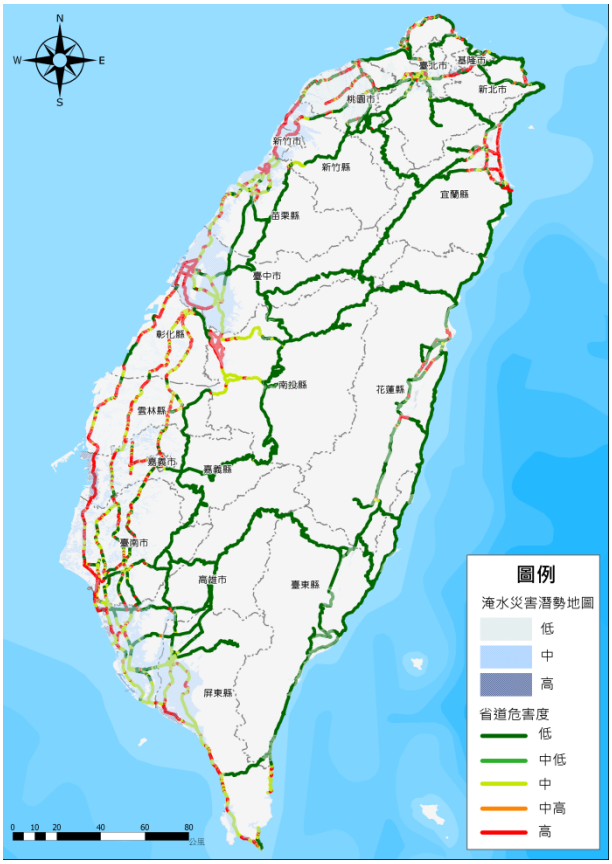
淹水潛勢圖不包含河流與非災害潛勢地區，坡災潛勢圖不包含無坡地路段，故在上述處理各鐵公路系統與各情境的災害潛勢地圖時，位於非災害潛勢地區的路段將無對應的分級值填入，故對此須特別篩選出相關的路段，給予最低的分級值，以利後續的指標運算作業。

3.依各路段設施型式調整分級

考量坡災、淹水潛勢對於不同的鐵公路設施型式造成之衝擊影響不同，故進一步考量設施型式調整危害度分級。淹水潛勢考量在平面高架、河川橋與隧道路段者考量其淹水機率較低，統一給予最低分級，車行地下道其淹水風險較高，爰依淹水潛勢分級調高一級；至鐵路地下路段，因台鐵及高鐵已多採較高之工程設計標準(重現期 200 年)，故重現年 200 以內雨量情境下之淹水危害屬低等級，情境 6(重現期 500 年)則依淹水潛勢等級加高一級；此外，考量隧道段因實務上較無坡災及淹水疑慮，爰危害度給予最低級分，成果如圖 4.1.6 所示。



坡災



淹水

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.6 省道危害度(情境 6)地圖

4.1.3 脆弱度地圖

脆弱度評估指標主要分為潛在影響程度與設施調適能力兩個面向，其指標項目包含：產值、交通量、設施安全性、預警應變作為、替代道路數等五個項目，相關圖資數化來源如表 4.1-6，評估處理方式說明如下：

表 4.1-6 脆弱度數化圖資來源

項目		使用圖資	資料來源
潛在影響程度	產值	鄉鎮產值分布圖	行政院主計總處、本所(城際運輸模型)
	交通量	公路交通量、軌道站間量圖	本所(城際運輸模型)
運輸設施調適能力	設施安全性	國道、省道、臺鐵、高鐵邊坡分級圖	公路總局、高速公路局、高鐵公司、臺灣鐵管理局、本所
	預警應變作為	水位計、雨量計、CCTV、地錨荷重計、傾斜觀察管、水壓計等分布位置圖	公路總局、高速公路局、高鐵公司、臺灣鐵管理局
	替代道路數	運輸系統路網圖 104	年交通部路網數值圖

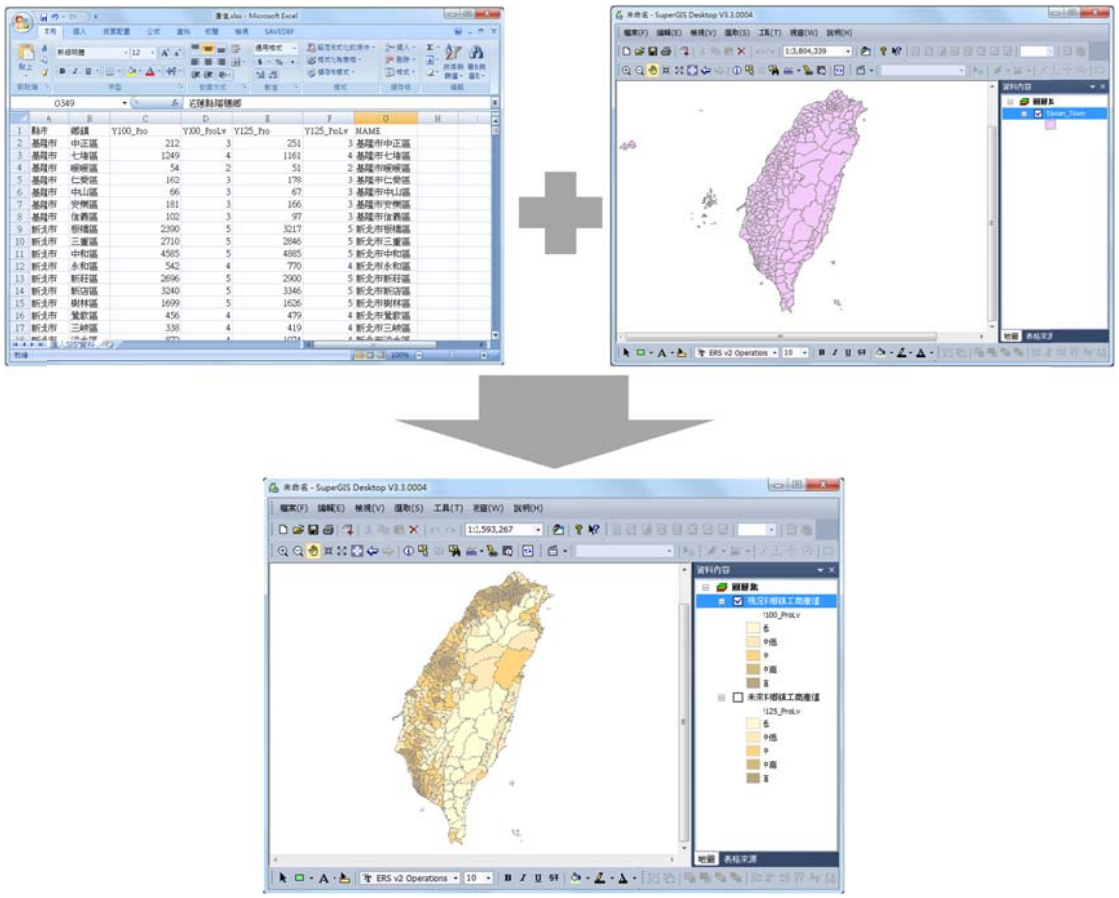
資料來源：本計畫彙整。

1.潛在影響程度

(1)產值

分為現況年與未來年兩個年期，現況年引用 100 年行政院主計總處的鄉鎮工商及服務業普查資料為基礎，未來年部分則以交通部運輸研究所城際模型預測的及業人口進行未來年(120 年)產值估算。彙整各鄉鎮現況年與未來年產值數據後，透過 GIS 以鄉鎮名連結方式將數值匯入鄉鎮行政界圖。

再利用 GIS 軟體中的”SpatialJoin”工具將鐵公路系統與鄉鎮產值以空間位置對應方式，給予各運輸系統路段對應的產值與分級，此外，若路段同時含括兩個鄉鎮則取最大值，則將現況年與未來年產值數值與分級值填入對應之欄位。



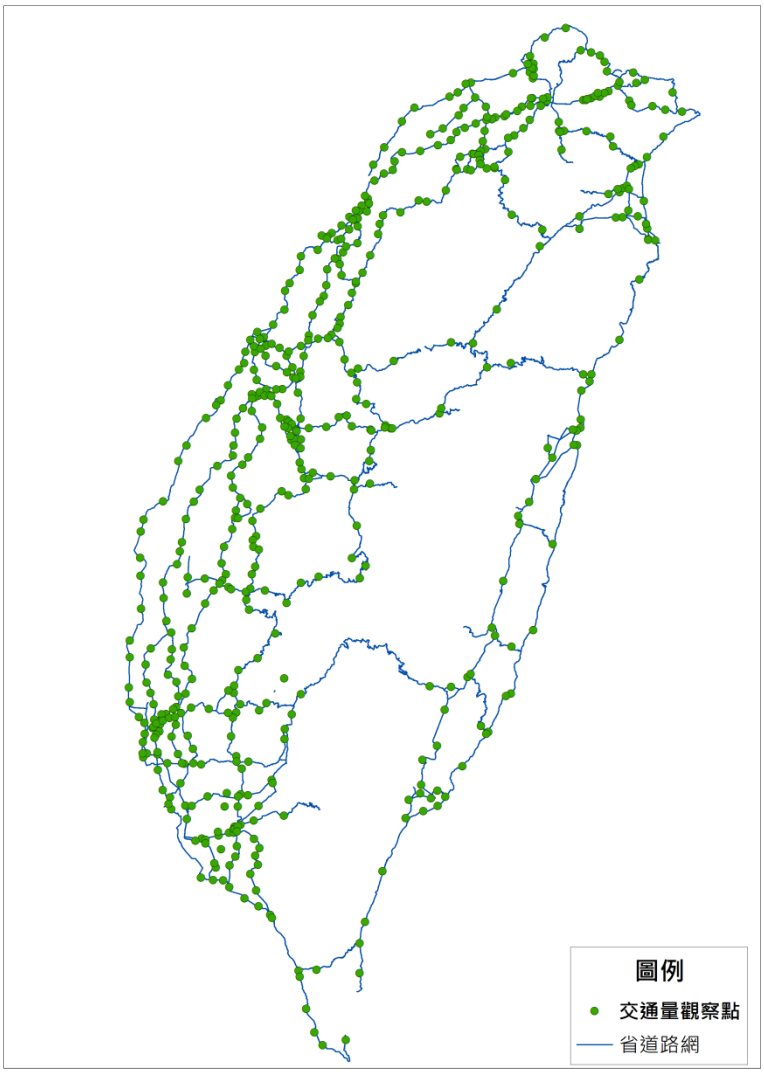
資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.7 產值圖資處理

(2)交通量

公路與軌道系統因營運特性上的差異，公路以路段日交通量，軌道則以站間日乘客數分析。現況年採 104 年實際觀測值，透過實際觀測點位置或路段區間對應至各系統路段上，未來年則是以交通部運研所城際運輸需求模型預測之 120 年交通量作為指標分級依據。

現況年公路實際交通量觀測資料因屬於點位資料，須以空間位置對應方式反應至鄰近路段上，為避免對應到不同路線的交通量數值，須依路線編號逐一分開處理。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.8 省道路網與交通量觀測點分布圖

2.設施調適能力

(1) 設施安全性

依坡災、淹水相關的設施安全性作其分級認定，在坡災部分將以各系統主管機關所提供的邊坡分級資訊作為不受坡災影響之判定，以邊坡分布位置對應至各系統路段上，依邊坡分級 A(危險)、B(稍微危險)、C(較安全)、D(安全)、無邊坡或無分級者依序給予 1(低)~5(高)的分級，並填入對應之欄位中，其中臺鐵未完成邊坡分級路段給予 3(中)分級；此處無邊坡僅代表不受坡災影響，而非道路安全無虞。

淹水部分，因淹水因素除設施本身排水設施外，亦有區域排水因素，外水之因素於危害度中分析，內水以生命週期概念，依規範修訂年期界定不同分級，並由設施新建/改建年期進行對照，篩選出較需檢視之設施，公路設施年期分級依 1987 年前、1988~2001 年、2002~2009 年、2010~2020 年、2021 年後等五種級距給予對應 1(低)~5(高)之分級，而鐵路設施年期分級依 1960 年前、1961~1981 年、1982~2006 年、2007~2020 年、2021 年後等 5 種級距給予對應 1(低)~5(高)之分級，並填入對應之欄位中。

(2) 預警應變作為

依據設施主管機關的預警應變作為，達到降低災害發生傷亡之可能，如：監測設施安全、預警封路/停駛、推播阻斷訊息等，作為該指標評估分級之認定，在管理作為將依一般養護巡查/未設定行動、重點監控/有設定行動值、主動通報民眾分別給予 3 級、4 級與 5 級。

目前分級認定是依臺鐵局與公路總局所提供的監控路段資訊，透過里程區間描述對應至各運輸系統路段上，依正向表示(分級越高越安全)將分級值填入對應之欄位，此外高鐵因全線以天然災害告警系統監控，故皆設為等級 5。

(3) 替代道路數

依鐵公路建設災時/後阻斷時，服務範圍內是否有替代道路，作為評估方法，透過 GIS 軟體分析各建設服務範圍內之替代道路數。分析上考量各運輸系統服務特性，以功能相近之道路作為替代道路之選擇，國快道之替代道路為功能相近之國道、快速公路、省道；省道之替代道路為國道、省道、縣道、鄉道、偏遠地區之產業道路；高鐵之替代道路為國道、快速公路及省道；臺鐵系統之替代道路包含國道、省道、縣道、鄉道、市區道路、產業道路等。

公路部分考量國快道為封閉式道路，需藉由交流道出入，既有國道系統交流道間之平均間距約 10 公里，因此設定服務半徑為 5 公里。而省道系統主要服務沿線鄉鎮之短程城際旅次，概算全國鄉鎮之平均長寬距離約 5 公里，故將省道之服務半徑設定為道路兩側 2.5 公里；連絡臺灣東西部之台 9 線蘇花、南迴路段，考量為宜花地區連絡北、南部之唯

一道路，故將路段之影響範圍擴大設定為宜花地區；而在軌道建設以系統之營運里程除以車站數，換算每一車站之平均服務範圍及影響半徑，高鐵路線以服務半徑 25 公里作為車站影響半徑，臺鐵車站平均距離約 5 公里，設定車站服務半徑為 2.5 公里；另考量鐵路特性路段中斷會影響前後路段，故路段中替代道路數依車站替代道路數設定。

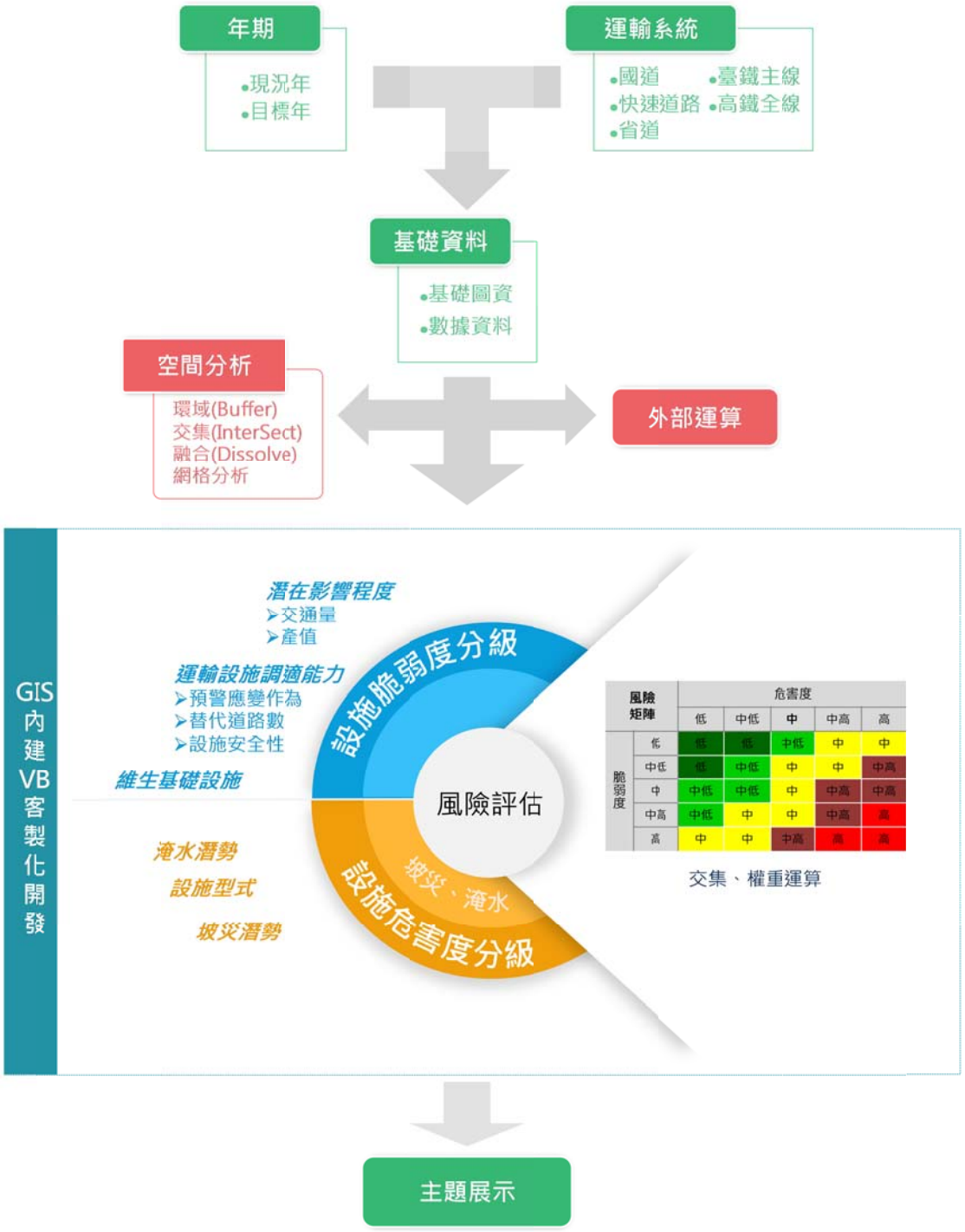
此項指標之評估等級分為五級，當重大鐵公路建設替代道路數越多時，即代表當鐵公路系統受到氣候變遷影響而導致損壞或失能時，應變能力越高。

4.1.4 風險地圖

為能更精確呈現鐵公路設施與氣候變遷下之衝擊影響，依據各評估指標項目及權重進行風險評估分析及產製風險地圖，相關成果亦同步納入系統平台與單機版中，作為協助主管機關決策分析之參考。

除精進調整評估指標與風險評估方法進行強化，先各別分析危害度與脆弱度各評估指標項目，包含：設施坡災危害與、設施淹水危害、產值、交通量、設施安全性、預警應變作為與替代道路數等 7 項指標，將各指標依各分級間距分為低度、中低、中度、中高與高 5 個等級後，納入風險矩陣分析，再透過 GIS 空間分析功能進行各路段上評估指標量化分析，運算出該路段之風險分級，另外，針對本期平台所提供的自訂權重功能，考量平台顯示效能，亦將預先進行脆弱度指標不同權重的分級運算處理，最後在 GIS 進行各分級呈現顏色設定，回饋至展示系統與平台中。

此外，考量各評估指標與風險地圖分析作業過程較為繁瑣，為提升日後分析與更新之效率，透過 GIS 軟體內建之 VB.NET 撰寫巨集，以標準客製化的分析程序，包括環域分析(Buffer)、交集(Intersect)、融合(Dissolve)等空間分析功能與主題圖展示，進行半自動化的評估指標分析與風險地圖產製，作業流程如圖 4.1.9。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.1.9 風險地圖自動化產製流程圖

4.2 風險地圖

以下說明風險地圖產製成果，成果分析是以運輸系統別，搭配氣候變遷情境下之情境 1(影響最小)、情境 6(影響最大)說明風險地圖，危害度與脆弱度地圖則以情境 6(影響最大)進行說明。完整的六個情境的風險地圖成果請參閱附錄 6。

4.2.1 危害度地圖

1.國道

(1) 淹水

情境 6 中危害度等級屬中高以上的主要分布在國 1、國 2、國 3、國 4、國 5、國 6、國 8 等路段，總累計長度約 90.3 公里，以分布於臺南市、嘉義縣的國 1 路段與臺南市的國 3 路段居多。

(2) 坡災

主要分布在國 1、國 3、國 3 甲、國 4、、國 5 國 6、國 10 等路段，總累計長度約 63.6 公里，其中以分布於苗栗縣的國 1 路段、高雄市與基隆市的國 3 路段居多。

表 4.2-1 國道淹水危害度(情境 6)中高以上路段

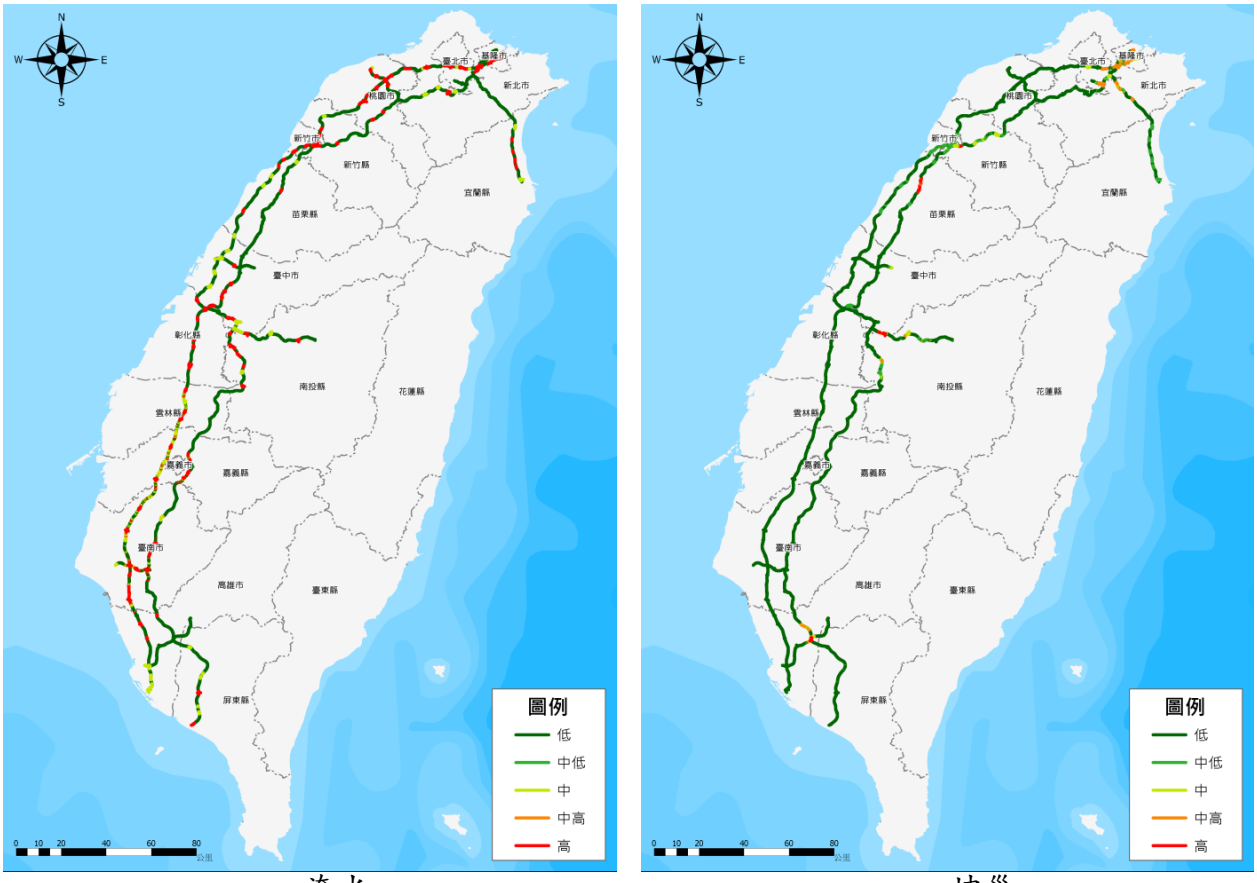
路線	縣市	累計長度(KM)	路線	縣市	累計長度(KM)
國 1	苗栗縣	0.1	國 3	南投縣	0.6
	桃園市	0.6		屏東縣	0.3
	高雄市	0.2		苗栗縣	0.4
	基隆市	0.5		桃園市	0.2
	雲林縣	8.4		高雄市	0.1
	新北市	0.6		新北市	0.3
	新竹縣	0.2		新竹市	0.1
	嘉義縣	15.1		新竹縣	0.3
	彰化縣	0.4		嘉義市	0.4
	臺中市	0.4		嘉義縣	8.4
	臺北市	0.9		彰化縣	0.2
	臺南市	34.3		臺中市	0.2
國 2	桃園市	0.4		臺南市	9.7
國 4	臺中市	0.1	國 5	宜蘭縣	0.2
國 6	南投縣	0.2	**總計**		90.3
國 8	臺南市	6.5			

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-2 國道坡災危害度(情境 6)中高以上路段長度

路線	縣市	累計長度(KM)	路線	縣市	累計長度(KM)
國 1	苗栗縣	14.2	國 3	新竹縣	4.9
	基隆市	1.7		臺北市	0.4
	新北市	2.1	國 3 甲	新北市	0.1
	臺北市	2.6		臺北市	0.1
國 10	高雄市	5.4	國 4	臺中市	0.5
國 3	南投縣	1.0	國 5	新北市	5.3
	高雄市	10.5	國 6	南投縣	2.9
	基隆市	7.8		臺中市	2.8
	新北市	1.3	**總計**		**63.6**

資料來源：本計畫彙整。



淹水　　坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.1 國道危害度(情境 6)地圖

2.快速公路

在淹水的情境6中危害度等級屬中高以上的主要分布在台61、台62、台65、台66、台68、台72、台74、台74甲、台76、台78、台82、台84、台86等路段，總累計長度約298.9公里，其中以分布於嘉義縣、臺中市的台61路段與雲林縣的台78路段居多。

在坡災的情境6中危害度等級屬中高以上的主要分布在台62、台62甲、台72、台84等路段，總累計長度約6.2公里，其中以分布於基隆市的台62路段與苗栗縣的台72路段居多。

表 4.2-3 快速公路淹水危害度(情境 6)中高以上路段長度

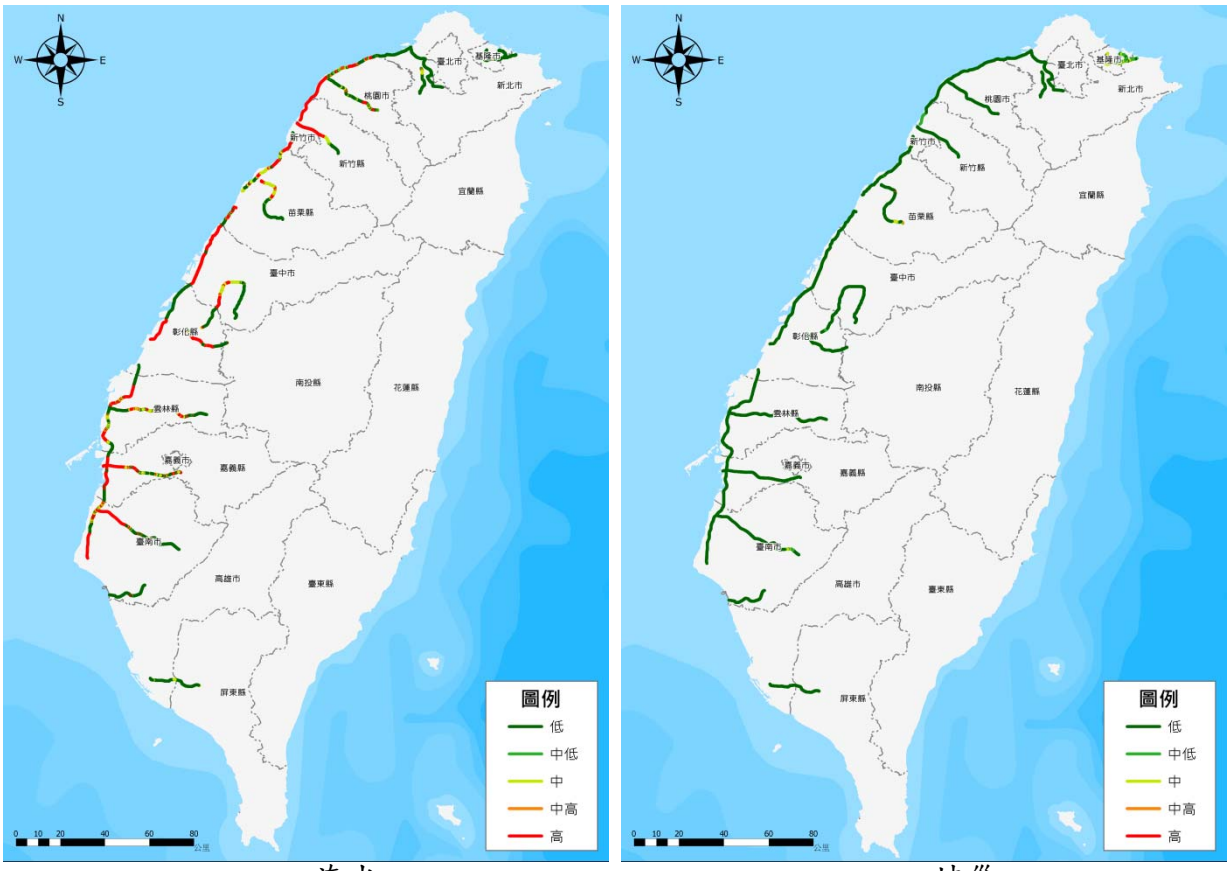
路線	縣市	累計長度(KM)		路線	縣市	累計長度(KM)
台 61	苗栗縣	24.3		台 68	新竹縣	5.3
	桃園市	17.8		台 72	苗栗縣	7.9
	雲林縣	24		台 74	彰化縣	0.2
	新竹市	13.6			臺中市	15.2
	嘉義縣	27.7		台 74 甲	彰化縣	0.2
	彰化縣	0.2		台 76	南投縣	0.4
	臺中市	57.3			彰化縣	21.7
	臺南市	9.5		台 78	雲林縣	26.1
台 62	基隆市	1.6		台 82	嘉義縣	14.1
台 65	新北市	1.5		台 84	臺南市	4.4
台 66	桃園市	4.8		台 86	臺南市	1.3
台 68	新竹市	19.8		**總計**		**298.9**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-4 快速公路坡災危害度(情境 6)中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
台 62	基隆市	3.2
	新北市	0.1
台 62 甲	基隆市	0.2
台 72	苗栗縣	2.5
台 84	臺南市	0.2
總計		**6.2**

資料來源：本計畫彙整。



淹水　　坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.2 快速公路危害度(情境 6)地圖

3.省道

在淹水的情境 6 中危害度等級屬中高以上的路段於全台各縣市皆有分布，其中以西半部與宜蘭地區為主，全台總累計長度約 772.5 公里，以臺中市的台 1 路段，雲林縣、嘉義縣、彰化縣的台 17 與位宜蘭縣的台 2 路段居多。

在坡災的情境 6 中危害度等級屬中高以上的路段全台除臺北市、彰化縣、雲林縣、新竹市等縣市外皆有分布，總累計長度約 1347.5 公里，其中以分布於花蓮縣的台 11、嘉義縣的台 18、臺東縣的台 20、南投縣的台 21、花蓮縣的台 8、宜蘭縣的台 9 等路段居多。

表 4.2-5 省道淹水危害度(情境 6)中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)	路線	縣市	累計長度(KM)
台 1	屏東縣	17.0	台 19 甲	臺南市	13.5
	苗栗縣	17.5	台 1 乙	臺中市	9.0
	桃園市	8.0	台 1 丁	雲林縣	2.5
	高雄市	4.0	台 1 己	苗栗縣	4.5
	雲林縣	9.5	台 1 丙	彰化縣	2.5
	新北市	4.5	台 1 甲	新北市	2.5
	新竹市	17.5		臺北市	1.0
	新竹縣	9.0	台 2	宜蘭縣	26.0
	嘉義市	4.5		基隆市	3.0
	嘉義縣	7.0		新北市	15.0
	彰化縣	16.0	台 20	臺南市	5.5
	臺中市	31.0	台 22	高雄市	0.5
	臺南市	19.0	台 26	屏東縣	18.5
台 10	臺中市	5.5	台 27	屏東縣	4.5
台 10 乙	臺中市	2.0	台 28	高雄市	4.5
台 11 丙	花蓮縣	6.0	台 2 乙	新北市	2.5
台 11 甲	花蓮縣	4.0		臺北市	3.0
台 12	臺中市	8.0	台 2 丙	新北市	3.0
台 13	苗栗縣	5.0	台 2 戊	宜蘭縣	6.0
	新竹市	1.0	台 2 甲	臺北市	1.5
台 13 甲	苗栗縣	6.5	台 2 庚	宜蘭縣	0.5
台 14	南投縣	9.0	台 3	南投縣	20.0
	彰化縣	0.5		苗栗縣	1.0
台 14 乙	南投縣	16.5		桃園市	2.5
	彰化縣	0.5		高雄市	3.0
台 14 丁	南投縣	4.0		雲林縣	0.5
	彰化縣	0.5		新北市	0.5
台 15	桃園市	15.5		臺中市	1.5
	新竹市	4.0		臺北市	1.0
	新竹縣	13.0	台 30	花蓮縣	0.5
台 15 甲	桃園市	0.5	台 31	桃園市	9.5
台 16	南投縣	1.5	台 37	嘉義縣	6.5
台 17	屏東縣	13.0	台 39	臺南市	4.0
	高雄市	17.0	台 3 甲	南投縣	12.0
	雲林縣	26.5	台 4	桃園市	7.5
	嘉義縣	22.5	台 5	基隆市	5.5
	彰化縣	24.5	台 6	新北市	5.5

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-5 省道淹水危害度(情境 6)中高以上路段(續)

路線	縣市	累計長度(KM)	路線	縣市	累計長度(KM)
台 17	臺中市	17.0	台 7	臺北市	2.0
	臺南市	18.0	台 5 乙	新北市	1.0
台 17 乙	臺南市	1.5	台 5 甲	基隆市	1.5
台 17 甲	高雄市	1.0		新北市	7.5
	臺南市	7.0	台 6	苗栗縣	5.5
台 18	南投縣	0.5	台 7	宜蘭縣	9.0
	嘉義市	3.0		桃園市	0.5
	嘉義縣	6.5	台 7 丙	宜蘭縣	9.0
台 19	雲林縣	19.5	台 9	宜蘭縣	17.5
	嘉義縣	7.5		花蓮縣	14.5
	彰化縣	21.0	台 9 丙	花蓮縣	1.0
	臺南市	11.5	台 9 甲	宜蘭縣	2.0
台 19 甲	高雄市	5.5	總計		772.5

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-6 省道坡災危害度(情境 6)中高以上路段

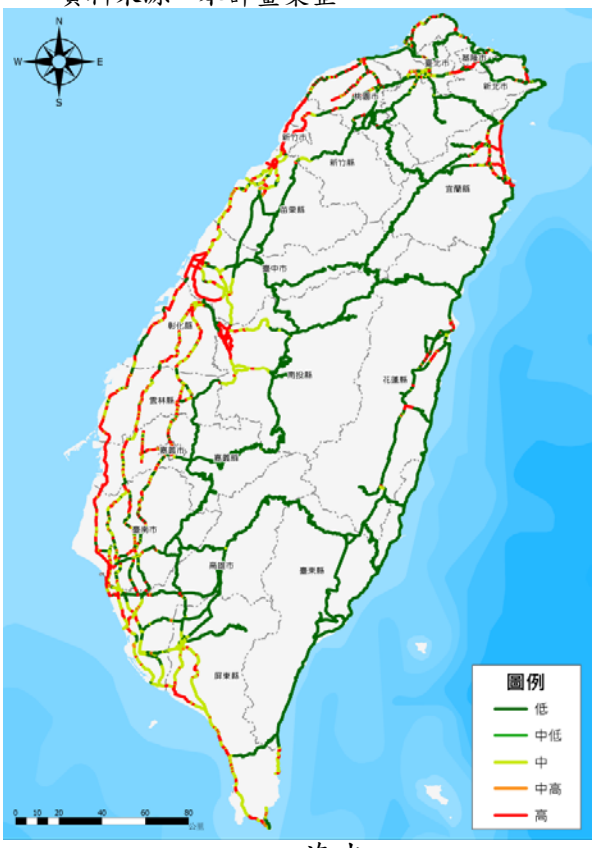
路線	縣市	累計長度(KM)	路線	縣市	累計長度(KM)
台 11	花蓮縣	48.0	台 2 丙	新北市	8.0
	臺東縣	7.5	台 2 戊	宜蘭縣	2.0
台 11 乙	臺東縣	3.5	台 2 甲	新北市	3.5
台 11 甲	花蓮縣	15.0		臺北市	1.0
台 13	苗栗縣	10.5	台 3	南投縣	3.5
台 14	南投縣	29.0		苗栗縣	44.0
台 14 乙	南投縣	1.5		高雄市	3.5
台 14 甲	花蓮縣	4.5		新竹縣	11.0
	南投縣	37.0		嘉義縣	35.5
台 16	花蓮縣	0.5		臺中市	10.0
	南投縣	29.5		臺南市	6.5
台 18	南投縣	14.5	台 30	花蓮縣	16.5
	嘉義縣	60.5		臺東縣	8.0
台 2	宜蘭縣	11.5	台 3 丙	南投縣	1.0
	基隆市	5.5	台 5	基隆市	0.5
	新北市	5.5	台 5 乙	新北市	0.5
台 20	高雄市	81.5	台 6	苗栗縣	7.0
	臺東縣	58.0	台 7	宜蘭縣	38.0
	臺南市	6.0		桃園市	42.0
台 20 乙	臺南市	5.0	台 7 乙	新北市	2.0

資料來源：本計畫彙整。

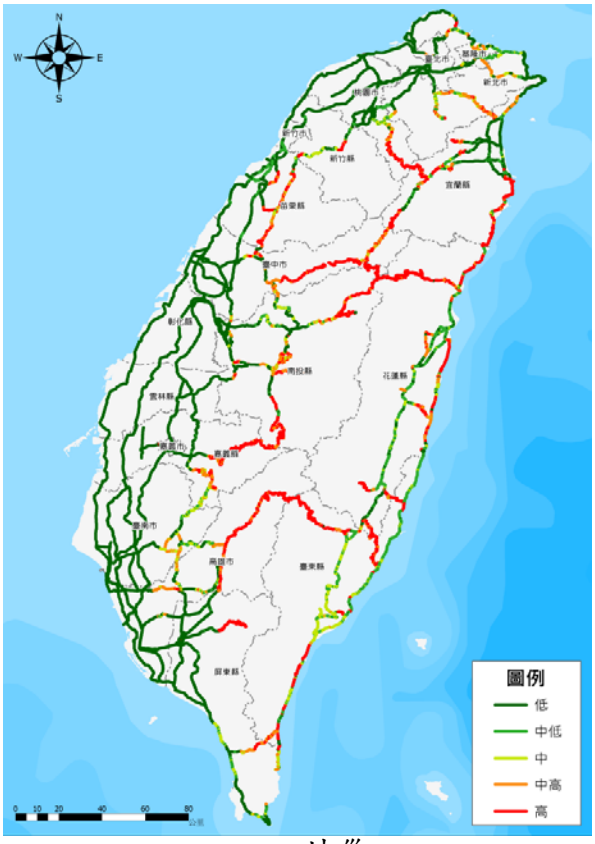
表 4.2-6 省道坡災危害度(情境 6)中高以上路段(續)

路線	縣市	累計長度(KM)	路線	縣市	累計長度(KM)
台 20 甲	臺東縣	3.5	台 7 丙	宜蘭縣	5.5
台 21	南投縣	68.5	台 7 甲	宜蘭縣	29.0
	臺中市	11.0		臺中市	27.0
台 21 甲	南投縣	19.0	台 8	花蓮縣	77.5
台 22	高雄市	2.0		南投縣	25.5
台 23	花蓮縣	15.5		臺中市	50.0
	臺東縣	27.5	台 8 甲	臺中市	15.0
台 24	屏東縣	28.0	台 9	宜蘭縣	59.5
台 26	屏東縣	8.0		花蓮縣	33.0
	臺東縣	5.0		屏東縣	13.0
台 27	屏東縣	2.0		新北市	34.0
	高雄市	20.5		臺東縣	45.0
台 27 甲	高雄市	0.5	台 9 丙	花蓮縣	12.0
台 28	高雄市	16.5	台 9 甲	宜蘭縣	5.0
台 2 乙	臺北市	1.5		新北市	6.0
台 2 己	基隆市	3.0	**總計**		**1347.5**

資料來源：本計畫彙整。



淹水



坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.3 省道危害度(情境 6)地圖

4.臺鐵

在淹水的情境6中危害度等級屬中高以上的路段於臺鐵沿線縣市除臺東縣外皆有，其中以新竹市的西部幹線、苗栗縣與臺中市的西部幹線(海)居多，全台總累計長度約149.12公里；在車站部分屬危害度中高等級車全台共計有32處，其中以宜蘭縣、苗栗縣與臺中市等縣市居多。

在坡災的情境6中危害度等級屬中高以上的路段主要分布於宜蘭縣、花蓮縣、苗栗縣、基隆市、臺中市、新北市、臺東縣、屏東縣等八個縣市，其中以花蓮線的北迴線、屏東縣與臺東縣的屏東南迴線居多，全台總累計長度約57.8公里，另一方面，在車站部分屬危害度中高等級車全台共計有7處，其中以花蓮縣與臺東縣等縣市居多。

表4.2-7 臺鐵淹水危害度(情境6)中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
北迴線	花蓮縣	1.4
成追線	臺中市	2.5
西部幹線	苗栗縣	6.3
	桃園市	2
	高雄市	2.3
	基隆市	3.7
	雲林縣	1.6
	新北市	6.0
	新竹市	16.2
	新竹縣	8.8
	嘉義市	1.1
	嘉義縣	5.3

路線	縣市	累計長度(KM)
西部幹線	彰化縣	10.4
	臺中市	7.2
	臺北市	5.8
	臺南市	10.7
西部幹線(海)	苗栗縣	17.5
	臺中市	23.1
宜蘭線	宜蘭縣	8.2
	新北市	0.5
東部幹線	花蓮縣	3.9
屏東南迴線	屏東縣	4.6
總計		**149.1**

資料來源：本計畫彙整。

表4.2-8 臺鐵淹水危害度(情境6)中高以上車站數

縣市	車站數
宜蘭縣	5
苗栗縣	7
基隆市	1
新北市	3
新竹市	4

縣市	車站數
新竹縣	2
臺中市	9
臺南市	1
總計	**32**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-9 臺鐵坡災危害度(情境 6)中高以上車站數

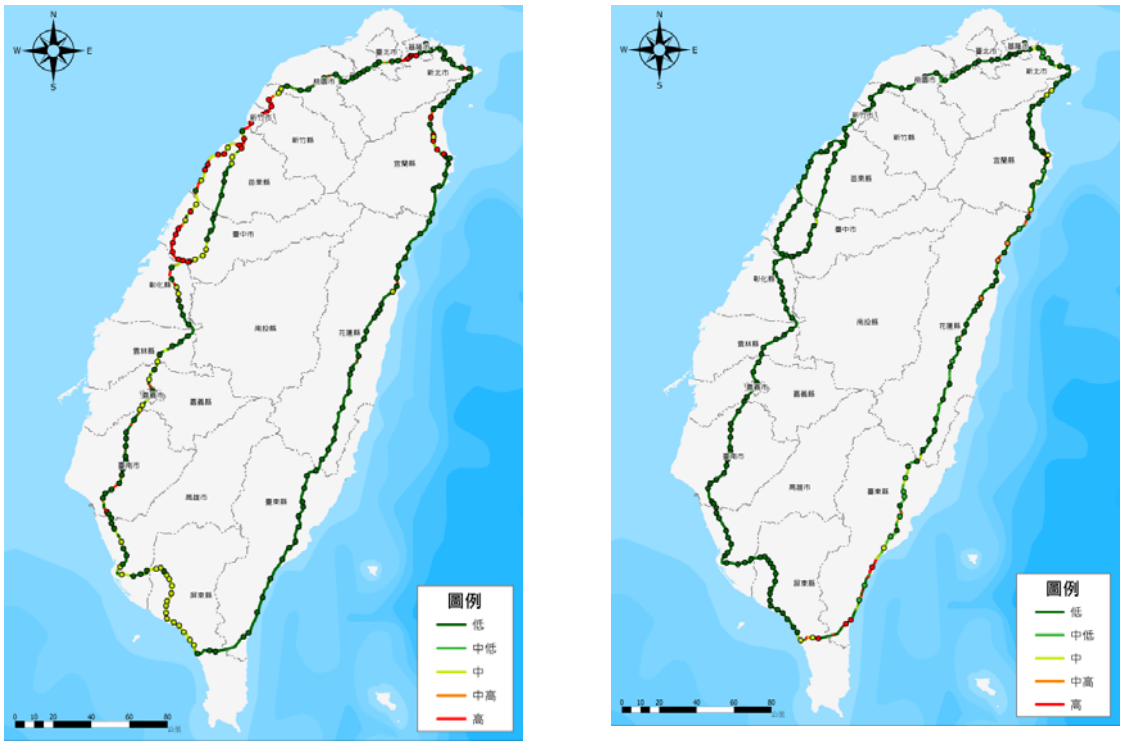
縣市	車站數
花蓮縣	3
屏東縣	1
臺東縣	3
總計	**7**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-10 臺鐵坡災危害度(情境 6)中高以上路段長度

路線	縣市	累計長度(KM)
北迴線	宜蘭縣	7.0
	花蓮縣	11.2
西部幹線	苗栗縣	0.2
	基隆市	0.2
	臺中市	0.2
宜蘭線	宜蘭縣	7.2
	新北市	0.8
東部幹線	花蓮縣	3.7
	臺東縣	2.5
屏東南迴線	屏東縣	8.6
	臺東縣	16.2
總計		**57.8**

資料來源：本計畫彙整。



淹水　　坡災

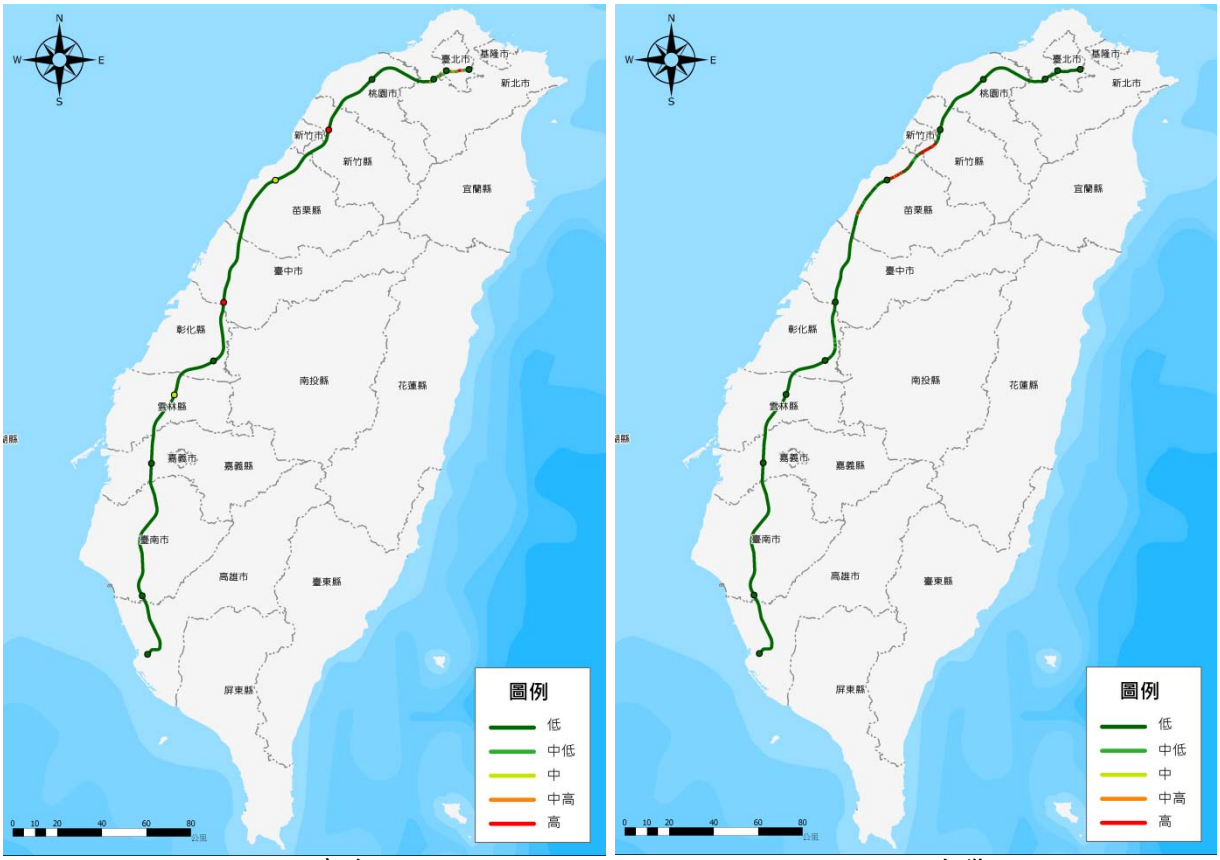
資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.4 臺鐵危害度(情境 6)地圖

5.高鐵

在淹水的情境 6 中危害度等級屬中高以上的路段主要位於新北市、臺北市 2 縣市，其中以臺北市路段居多，主要原因在於目前地下隧道段排水設計以重現年 200 年為主，故在情境 6 模擬下，已高於其設施設計值，故在此部分路段之危害度較高；在車站部分屬危害度中高等級車全台共計有 2 處，分別為高鐵新竹站與高鐵臺中站，雖高鐵站體皆有加高設計，但在考量站外平面路段淹水下，會影響旅客進站搭乘之情況下，維持原危害度之淹水潛勢結果。

在坡災的情境 6 中危害度等級屬中高以上的路段主要位於苗栗縣、新竹縣、新竹市等 3 個縣市，其中以苗栗縣路段居多，全臺總累計長度約 13.5 公里；在車站部分皆為低危害度等級。



淹水　　坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.5 高鐵危害度(情境 6)地圖

表 4.2-11 高鐵危害度(情境 6)中高以上路段數

淹水	
縣市	累計長度(KM)
新北市	1.3
臺北市	6.0
總計	**7.3**

坡災	
縣市	累計長度(KM)
苗栗縣	7.3
新竹市	0.3
新竹縣	6.0
總計	**13.5**

資料來源：本計畫彙整。

4.2.2 脆弱度地圖

1.國道

在淹水現況年的脆弱度等級屬中高以上的主要分布在國1、國2、國3、國3甲、國4、國5、國10等路段，總累計長度約888.9公里，以分布於桃園市、高雄市的國1路段與新北市的國3路段居多，其中在脆弱度指標中產值亦皆屬中級以上之路段

在坡災現況年的脆弱度等級屬中高以上的主要分布在國1、國2、國3、國3甲、國5、國10等路段，總累計長度約395.6公里，以分布於桃園市與新竹縣的國1路段、新北市的國3路段居多，其中在脆弱度指標中雖設施安全性皆屬較為安全的中等級以上，但其產值與交通量皆為較脆弱的中等級以上路段。

表 4.2-12 國道現況年淹水脆弱度中高以上路段

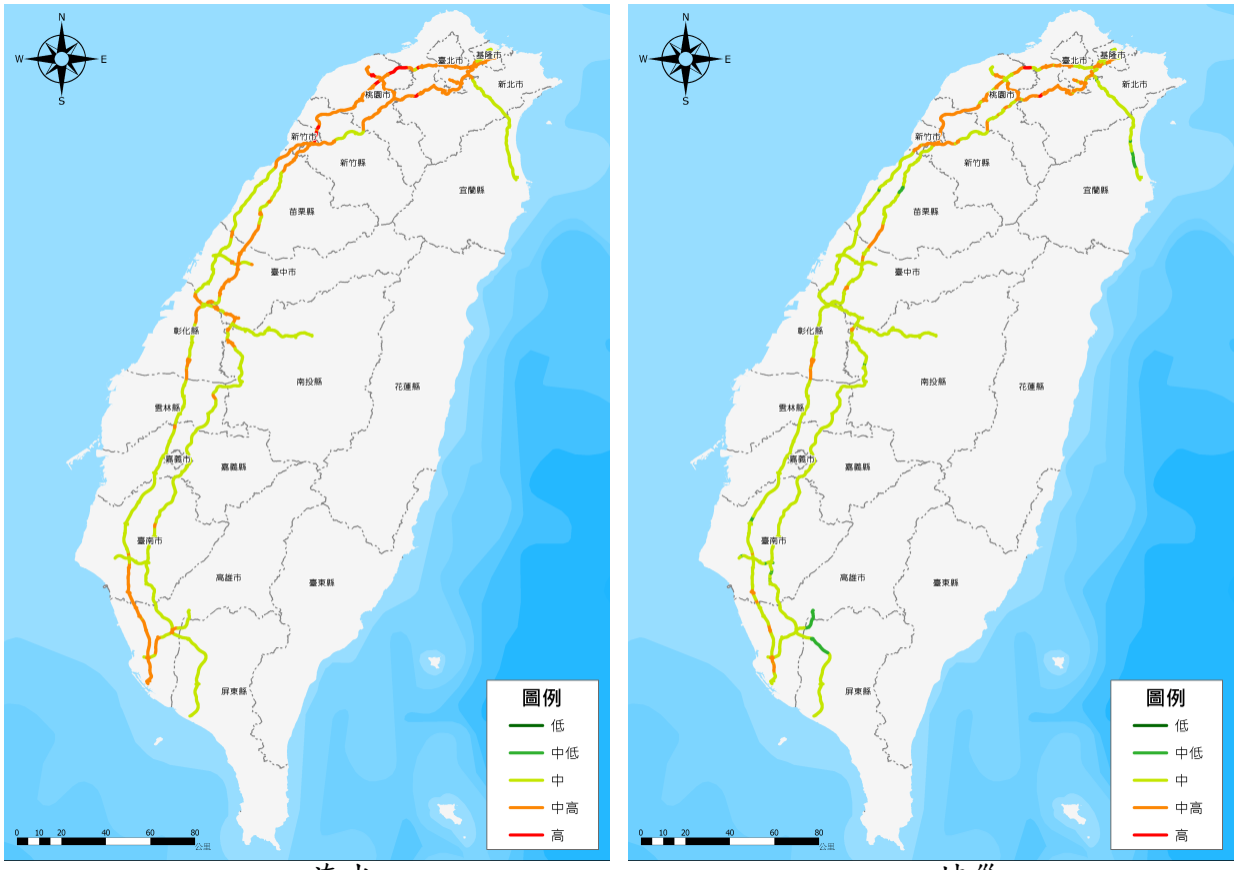
路線	縣市	累計長度(KM)
國 1	苗栗縣	42.0
	桃園市	125.2
	高雄市	73.1
	基隆市	10.6
	雲林縣	0.2
	新北市	71
	新竹市	10.7
	新竹縣	53.7
	嘉義縣	1.9
	彰化縣	32.7
	臺中市	50.6
	臺北市	47.0
	臺南市	42.6
國 10	高雄市	24.1
國 2	桃園市	41.6
	新北市	0.1
國 4	臺中市	3.0
國 3	南投縣	11.7
	屏東縣	0.2
	苗栗縣	23.9
	桃園市	39.1
	雲林縣	0.8
	新北市	74.7
	新竹市	13.3
	新竹縣	25.1
	彰化縣	15.6
	臺中市	20.1
	臺北市	20.1
	臺南市	0.4
國 3 甲	新北市	0.3
	臺北市	9
國 5	新北市	0.2
	臺北市	4.3
總計		888.9

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-13 國道現況年坡災脆弱度中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
國 1	苗栗縣	22.2
	桃園市	72.2
	高雄市	15.3
	基隆市	3.7
	雲林縣	0.2
	新北市	39
	新竹市	8.4
	新竹縣	41.9
	彰化縣	13
	臺中市	15.5
	臺北市	7.3
	臺南市	4.6
國 10	高雄市	0.1
國 5	臺北市	0.8
國 2	桃園市	26.6
	新北市	0.1
國 3	南投縣	0.1
	苗栗縣	2.1
	桃園市	14.3
	新北市	57.4
	新竹市	11.8
	新竹縣	23.5
	臺中市	1
	臺北市	11
	臺南市	0.1
國 3 甲	新北市	0.2
	臺北市	3.2
總計		**395.6**

資料來源：本計畫彙整。



淹水　　坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.6 國道現況年脆弱度地圖

2.快速公路

在淹水現況年脆弱度中屬中高等級的路段主要分布在台 64、台 65、台 66、台 68、台 74、台 76、台 78、台 86、台 88 等，總累計長度約 211.3 公里，以分布於新北市的台 64、台 65 路段與臺中市的台 74 路段居多，其中其產值等級皆大於或等於設施安全性之等級。

在坡災現況年脆弱度中屬中高等級的路段主要分布在台 64、台 66、台 74 等，總累計長度約 72.4 公里，以分布於新北市的台 64、新北市的台 65 與臺中市的台 74 路段居多，其中在脆弱度指標中雖設施安全性皆屬較為安全的中高等級以上，但其產值亦皆為較脆弱的中等級以上路段。

表 4.2-14 快速公路現況年淹水脆弱度中高以上路段

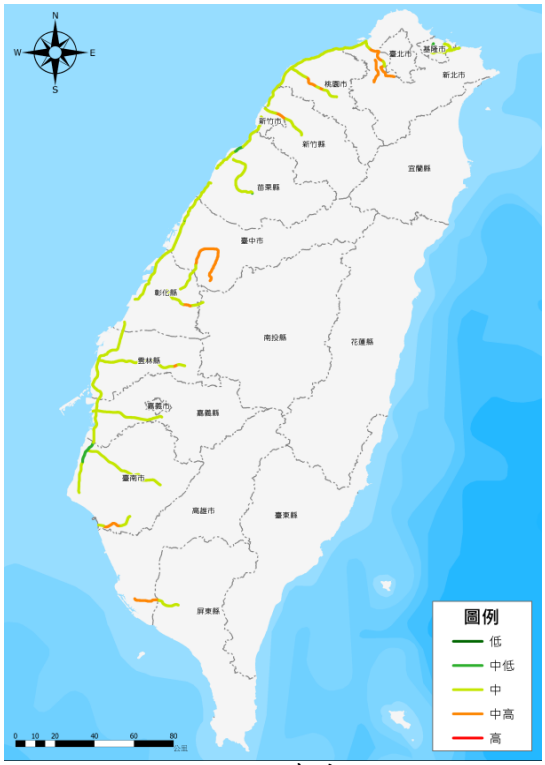
路線	縣市	累計長度(KM)	路線	縣市	累計長度(KM)
台 64	新北市	42.3	台 76	彰化縣	7.6
台 65	新北市	24.8	台 78	雲林縣	4.4
台 66	桃園市	17	台 86	臺南市	16.6
台 68	新竹市	8.8	台 88	屏東縣	0.2
	新竹縣	0.2		高雄市	22.8
台 74	臺中市	66.6	**總計**		**211.3**

資料來源：本計畫彙整。

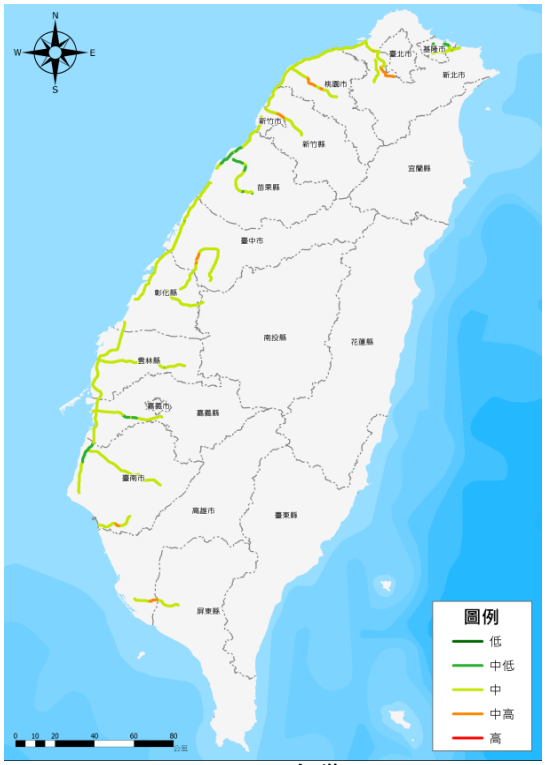
表 4.2-15 快速公路現況年坡災脆弱度中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
台 64	新北市	20.5
台 66	桃園市	17.0
台 68	新竹市	8.6
台 74	臺中市	10.9
台 78	雲林縣	0.2
台 86	臺南市	5.2
台 88	屏東縣	0.2
	高雄市	9.8
總計		**72.4**

資料來源：本計畫彙整。



淹水



坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.7 快速公路現況年脆弱度地圖

3.省道

在淹水現況年脆弱度中屬中高等級的路段於全台各縣市皆有分布，其中以西部地區為主，全台總累計長度約1703.5公里，以台南市的台1路段、新北市的台2、高雄市的台17與位宜蘭、花蓮縣的台9路段居多，其在脆弱度指標中，路段產值等級皆大於或等於設施安全性等級。

在坡災現況年脆弱度屬中高等級以上的路段全台除基隆市、臺東縣等縣市外皆有分布，總累計長度約564.5公里，其中以分布於桃園市、高雄市與台南市的台1、高雄市的台17、台中市的台3等路段居多，其路段產值等級皆大於或等於設施安全性之等級。

表4.2-16 省道現況年淹水脆弱度中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
台1	屏東縣	32.5
	苗栗縣	12.0
	桃園市	38.5
	高雄市	44.5
	雲林縣	7.5
	新北市	13.0
	新竹市	17.5
	新竹縣	19.5
	嘉義市	7.5
	嘉義縣	16.5
	彰化縣	36.0
	臺中市	33.5
	臺北市	0.5
	臺南市	54.5
台10	臺中市	21.0
台11	花蓮縣	6.0
	臺東縣	23.5
台11丙	花蓮縣	2.5
台12	臺中市	23.5
台13	苗栗縣	35.0
	臺中市	14.0
台13甲	苗栗縣	11.5
台14	南投縣	35.0
	彰化縣	14.0
台2	宜蘭縣	47
	基隆市	8.5
	新北市	49.5
台20	臺南市	22.0
台21	南投縣	19.0
台22	屏東縣	9.5
	高雄市	10.0
台24	屏東縣	11.0
台25	高雄市	17.5
台26	屏東縣	18.5
台27	屏東縣	23.0
台28	高雄市	4.5
台2乙	新北市	12.5
	臺北市	10.5
台2丁	新北市	4.0
台2己	基隆市	0.5
台2戊	宜蘭縣	7.5
台2甲	新北市	0.5
	臺北市	14.5
台2庚	宜蘭縣	0.5
台3	南投縣	22.5
	屏東縣	25.0
	苗栗縣	1.5
	桃園市	16.0

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-16 省道現況年淹水脆弱度中高以上路段(續)

路線	縣市	累計長度(KM)
台 14 乙	南投縣	9.5
	彰化縣	0.5
台 14 丁	南投縣	0.5
台 14 丙	彰化縣	2.5
台 15	桃園市	38.5
	新北市	18.0
	新竹市	4.0
	新竹縣	13.0
台 15 甲	桃園市	2.0
台 17	屏東縣	7.5
	高雄市	56.5
	雲林縣	9.0
	彰化縣	15.5
	臺中市	17.0
	臺南市	2.5
台 17 乙	臺南市	6.0
台 17 甲	臺南市	8.5
台 18	南投縣	1.0
	嘉義市	8.0
	嘉義縣	7.5
台 19	雲林縣	7.0
	彰化縣	9.5
	臺南市	31.0
台 19 甲	高雄市	15.5
	臺南市	18.5
台 1 乙	臺中市	22.0
台 1 丁	雲林縣	12.0
台 1 己	苗栗縣	4.0
台 1 丙	彰化縣	0.5
台 1 戊	高雄市	8.5
台 1 甲	桃園市	11.0
	新北市	12.0
	臺北市	2.0
	高雄市	7.5
	雲林縣	13.5
	新北市	26.0
	新竹縣	6.5
	臺中市	37.5
	臺北市	4.0
台 31	桃園市	17.0
台 39	臺南市	2.0
台 3 乙	桃園市	9.0
台 3 甲	南投縣	4.5
台 4	桃園市	33.5
台 5	基隆市	5.0
	新北市	9.0
	臺北市	10.5
台 5 乙	新北市	2.0
台 5 甲	新北市	7.5
台 6	苗栗縣	9.5
台 7	宜蘭縣	10.5
	桃園市	12.5
台 7 乙	桃園市	7.0
	新北市	8.0
台 7 丙	宜蘭縣	10.0
台 8	臺中市	12.0
台 9	宜蘭縣	58.0
	花蓮縣	65.5
	屏東縣	0.5
	新北市	14.0
	臺北市	7.0
	臺東縣	16.0
台 9 丙	花蓮縣	8.5
台 9 甲	宜蘭縣	3.5
	新北市	10.0
總計		**1703.5**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-17 省道現況年坡災脆弱度中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
台 1	屏東縣	7.5
	桃園市	30.0
	高雄市	31.5
	新北市	11.0
	新竹市	8.0
	新竹縣	19.5
	嘉義市	3.5
	嘉義縣	7.0
	彰化縣	1.5
	臺中市	18.5
	臺北市	0.5
	臺南市	27.5
台 10	臺中市	11
台 12	臺中市	19.5
台 13	苗栗縣	1.0
台 14	南投縣	10.0
台 15	桃園市	5.5
	新北市	1.0
	新竹市	1.5
	新竹縣	3.0
台 17	高雄市	36.5
	雲林縣	3.0
	臺中市	10.5
	臺南市	1.0
台 17 乙	臺南市	4.5
台 17 甲	臺南市	4.5
台 18	南投縣	1.0
	嘉義市	2.0
	嘉義縣	1.0
台 19	臺南市	6.0
台 19 甲	高雄市	11.5
	臺南市	1.0
台 1 乙	臺中市	11
台 1 丁	雲林縣	6.0

路線	縣市	累計長度(KM)
台 1 戊	高雄市	1.0
台 1 甲	桃園市	6.5
	新北市	12.0
	臺北市	2.0
台 2	宜蘭縣	9.5
	新北市	13.5
台 20	臺南市	5.0
台 21	南投縣	6.5
台 22	高雄市	0.5
台 24	屏東縣	3.5
台 25	高雄市	11.0
台 27	屏東縣	12.0
台 28	高雄市	2.5
台 2 乙	新北市	8.0
	臺北市	2.5
台 3	屏東縣	9.5
	桃園市	0.5
	雲林縣	8.0
	新北市	12.5
	臺中市	24.5
	臺北市	1.0
台 31	桃園市	14.0
台 4	桃園市	20.5
台 5	新北市	5.0
	臺北市	10.5
台 5 甲	新北市	2.0
台 7 丙	宜蘭縣	1.5
台 9	宜蘭縣	8.0
	花蓮縣	17
	新北市	4.5
	臺北市	5.0
台 9 丙	花蓮縣	2.0
台 9 甲	新北市	4.5
總計		**564.5**

資料來源：本計畫彙整。



淹水



坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.8 省道現況年脆弱度地圖

4.臺鐵

在淹水現況年脆弱度中等級屬中高以上的路段於臺鐵沿線縣市除臺東縣外皆有，其中以苗栗縣、高雄市與台南市的西部幹線居多，全台總累計長度約 438 公里，其中在脆弱度指標中，其路段產值或交通量等級皆大於或等於設施安全性之等級，而在車站部分屬脆弱度中高等級車站全台共計有 82 處，其中以苗栗縣、高雄市與臺南市等縣市居多。

在坡災現況年脆弱度中等級屬中高以上的路段於臺鐵沿線縣市除臺東縣外皆有，其中以苗栗縣、高雄市與臺南市的西部幹線居多，全台總累計長度約 427.6 公里，其中在脆弱度指標中，其路段產值或交通量等級皆大於或等於設施安全性之等級，另一方面，在車站部分屬脆弱度中高等級車全台共計有 376 處，其中以宜蘭縣、高雄市、臺南市等縣市居多。

表 4.2-18 臺鐵現況年淹水脆弱度中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
西部幹線	苗栗縣	40.5
	桃園市	31.5
	高雄市	48.6
	基隆市	8.4
	新北市	29.8
	新竹市	16.3
	新竹縣	16.2
	嘉義市	7.2
	嘉義縣	7.6
	彰化縣	18.8
	臺中市	32.5
	臺北市	15.0
	臺南市	53.4

路線	縣市	累計長度(KM)
西部幹線	屏東縣	5.3
	雲林縣	10.9
西部幹線(海)	苗栗縣	2.5
	臺中市	5.0
	宜蘭線	32.0
	宜蘭縣	19.2
	基隆市	0.4
	新北市	12.4
屏東南迴線	屏東縣	0.5
北迴線	宜蘭縣	29.1
	花蓮縣	24.4
成追線	臺中市	2.5
總計		**438**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-19 臺鐵現況年淹水脆弱度中高以上車站數

縣市	車站數
宜蘭縣	10
花蓮縣	5
屏東縣	2
苗栗縣	5
桃園市	5
高雄市	6
基隆市	2
新北市	13

縣市	車站數
新竹市	4
新竹縣	3
嘉義市	1
彰化縣	2
臺中市	9
臺北市	4
臺南市	11
總計	**82**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-20 臺鐵現況年坡災脆弱度中高以上路段

路線	縣市	累計長度(KM)
西部幹線	屏東縣	5.3
	苗栗縣	40.5
	桃園市	31.5
	高雄市	45.4
	基隆市	6.6
	雲林縣	10.9
	新北市	29.8
	新竹市	16.3
	新竹縣	16.2
	嘉義市	7.2
	嘉義縣	7.6

路線	縣市	累計長度(KM)
西部幹線	臺中市	32.5
	臺北市	15.0
	臺南市	46.6
	彰化縣	18.8
西部幹線(海)	苗栗縣	2.5
宜蘭線	宜蘭縣	25.7
	基隆市	0.4
	新北市	12.6
北迴線	宜蘭縣	29.1
	花蓮縣	24.6
總計		**427.6**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-21 臺鐵現況年坡災脆弱度中高以上車站數

縣市	車站數	縣市	車站數
宜蘭縣	44	新竹市	16
花蓮縣	12	新竹縣	16
屏東縣	4	嘉義市	8
苗栗縣	28	嘉義縣	4
桃園市	24	彰化縣	12
高雄市	40	臺中市	36
基隆市	8	臺北市	16
雲林縣	8	臺南市	48
新北市	52	**總計**	**376**

資料來源：本計畫彙整。



淹水



坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.9 臺鐵現況年脆弱度地圖

5.高鐵

在淹水現況年脆弱度指標中，各路段相關評估指標等級大多都為中高以上等級，脆弱度分級分布於中低或中等級，而在車站部分共有五處屬脆弱度中高等級，分別為高鐵臺北站、板橋站、桃園站、新竹站、臺中站。

在坡災現況年脆弱度中等級屬中高的路段主要位於桃園市、苗栗縣、新竹縣、新竹市、臺中市等五個縣市，其中以苗栗縣路段居多，全台總累計長度約 4.8 公里，其中在脆弱度指標中，產值、交通量與替代道路等級皆屬中高以上，而設施安全性指標等級皆為中級；在車站部分皆為低危害度等級。車站部分共有五處屬脆弱度中高等級，分別為高鐵臺北站、板橋站、桃園站、新竹站、臺中站。

表 4.2-22 高鐵現況年坡災脆弱度中高以上路段

縣市	累計長度(KM)	縣市	累計長度(KM)
苗栗縣	2.3	新竹縣	1.3
桃園市	0.5	臺中市	0.5
新竹市	0.3	總計	4.8

資料來源：本計畫彙整。



淹水



坡災

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.10 高鐵現況年脆弱度地圖

4.2.3 風險地圖

1.國道風險地圖

(1)淹水風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 中熱點路段全台總累計長度約 27.4 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-23，其中以分布於臺南市仁德區、永康區與臺南市東區的國 1 路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 63 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-24，主要分布於嘉義縣太保市、臺南市仁德區的國 1、嘉義縣水上鄉的國 3 等路段。

表 4.2-23 國道淹水風險(情境 1)中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
國 1	苗栗縣	頭屋鄉	0.1
	桃園市	中壢區	0.2
		平鎮區	0.1
		楊梅區	0.1
		蘆竹區	0.2
	高雄市	阿蓮區	0.1
		燕巢區	0.1
	基隆市	七堵區	0.3
		仁愛區	0.1
		安樂區	0.1
	雲林縣	大埤鄉	0.3
		斗南鎮	1.6
		西螺鎮	1.0
		虎尾鎮	0.5
	新北市	五股區	0.1
		泰山區	0.1
	新竹縣	竹北市	0.1
	嘉義縣	大林鎮	0.4
		太保市	0.9
		水上鄉	0.2
		民雄鄉	1.1
		鹿草鄉	0.3
		溪口鄉	0.2
	彰化縣	埔鹽鄉	0.1
國 1	臺南市	西港區	0.2
		東區	2.5
		後壁區	0.2
		麻豆區	0.8
		新市區	0.2
		新營區	1.7
		歸仁區	0.1
國 2	桃園市	大園區	0.2
		桃園區	0.1
		蘆竹區	0.1
國 3	屏東縣	林邊鄉	0.2
	苗栗縣	通霄鎮	0.1
	桃園市	大溪區	0.1
		龍潭區	0.1
	高雄市	田寮區	0.1
	新北市	汐止區	0.2
		新店區	0.1
	新竹縣	芎林鄉	0.1
	嘉義縣	水上鄉	0.4
		竹崎鄉	0.8
	彰化縣	和美鎮	0.1
		彰化市	0.1
	臺南市	白河區	0.1
		善化區	0.4

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-23 國道淹水風險(情境 1)中高以上路段(續)

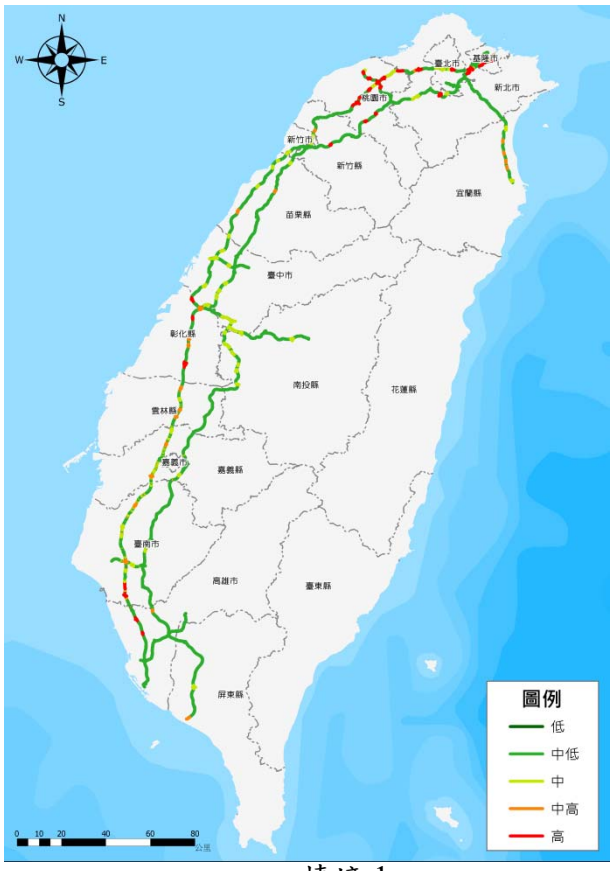
路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
國 1		埤頭鄉	0.1
		溪湖鎮	0.1
		彰化市	0.1
	臺北市	內湖區	0.2
	臺南市	仁德區	4.7
		永康區	3.0
		關廟區	0.2
國 5	宜蘭縣	礁溪鄉	0.1
		羅東鎮	0.1
國 8	臺南市	安定區	0.7
		新市區	0.8
總計			**27.4**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-24 國道淹水風險(情境 6)新增中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)	路線	縣市.	鄉鎮	累計長度(KM)
國 1	雲林縣	大埤鄉	1.7	國 3	南投縣	名間鄉	0.1
		斗南鎮	1.6			竹山鎮	0.1
		西螺鎮	1.7			南投市	0.1
	新北市	汐止區	0.5			草屯鎮	0.3
	新竹縣	寶山鄉	0.1		屏東縣	竹田鄉	0.1
	嘉義縣	大林鎮	1.9		苗栗縣	竹南鎮	0.3
		太保市	4.7		新竹市	東區	0.1
		水上鄉	0.9		新竹縣	寶山鄉	0.2
		民雄鄉	3.8		嘉義市	東區	0.4
		鹿草鄉	0.5		嘉義縣	中埔鄉	0.7
		溪口鄉	0.2			水上鄉	4.5
	臺中市	大肚區	0.1			民雄鄉	1.9
		大雅區	0.1			竹崎鄉	0.1
		西屯區	0.2		臺中市	烏日區	0.1
	臺北市	士林區	0.2			霧峰區	0.1
		大同區	0.1		臺南市	白河區	0.4
		中山區	0.1			官田區	1.9
		內湖區	0.3			柳營區	1.1
	臺南市	下營區	0.1			善化區	1.0
		仁德區	5.8			新化區	3.2
		永康區	2.8			新市區	1.4
		安定區	0.8	國 4	臺中市	神岡區	0.1
		西港區	0.9	國 6	南投縣	埔里鎮	0.1
		東區	0.3			草屯鎮	0.1
		後壁區	2.9	國 8	臺南市	安定區	1.6
		麻豆區	1.4			新化區	0.3
		新市區	3.0			新市區	3.1
		新營區	2.9	**總計**			**63.0**

資料來源：本計畫彙整。



情境 1



情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.11 國道淹水風險地圖

(2)坡災風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 中熱點路段全臺總累計長度約 23.1 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-25，其中以分布於苗栗縣造橋鄉與頭屋鄉的國 1、新竹縣寶山鄉的國 3 路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 35.1 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-26，主要分布於臺北市內湖區的國 1、基隆市七堵區與高雄市田寮區的國 3、新北市石碇鄉的國 5 與高雄市燕巢區的國 10 等路段。

表 4.2-25 國道坡災風險(情境 1)中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
國 1	苗栗縣	造橋鄉	5.4
	苗栗縣	頭屋鄉	4.6
	基隆市	仁愛區	0.1
國 10	高雄市	旗山區	0.9
	高雄市	燕巢區	1
國 3	高雄市	田寮區	1.8
	高雄市	旗山區	0.1
	高雄市	燕巢區	0.5
	基隆市	七堵區	0.4
	新竹縣	竹東鎮	1.6
	新竹縣	寶山鄉	2.9
國 5	新北市	石碇區	0.2
	新北市	坪林區	0.3
國 6	南投縣	草屯鎮	1.3
	臺中市	霧峰區	2
總計			**23.1**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-26 國道坡災風險(情境 6)新增中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
國 1	苗栗縣	造橋鄉	1.9
	苗栗縣	頭屋鄉	0.9
	基隆市	七堵區	1.2
	基隆市	仁愛區	0.1
	基隆市	安樂區	0.3
	新北市	汐止區	2.1
	臺北市	內湖區	2.6
國 10	高雄市	旗山區	0.9
	高雄市	燕巢區	2.6
國 3	南投縣	中寮鄉	0.2
	南投縣	名間鄉	0.1
	南投縣	南投市	0.5
	高雄市	田寮區	3.0
	高雄市	旗山區	0.6
	高雄市	燕巢區	1.4

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
國 3	基隆市	七堵區	6.6
	基隆市	安樂區	0.1
	新北市	汐止區	1.3
	新竹縣	寶山鄉	0.4
	臺北市	文山區	0.2
	臺北市	南港區	0.2
國 3 甲	新北市	深坑區	0.1
	臺北市	文山區	0.1
國 4	臺中市	豐原區	0.5
國 5	新北市	石碇區	2.6
	新北市	坪林區	2.2
國 6	南投縣	草屯鎮	1.4
	南投縣	國姓鄉	0.2
	臺中市	霧峰區	0.8
總計			**35.1**

資料來源：本計畫彙整。



情境 1



情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.12 國道坡災風險地圖

2.快速公路

(1)淹水風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 中熱點路段全臺總累計長度約 84.1 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-27，其中以分布於桃園市大園區與嘉義縣東石鄉的台 61、彰化縣埔心鄉的台 76 等路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 214.8 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-28，主要分布於雲林縣口湖鄉、新竹市香山區、臺中市大安區與清水區的台 61 等路段。

表 4.2-27 快速公路淹水風險(情境 1)中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 61	苗栗縣	後龍鎮	1.9
		通霄鎮	0.7
	桃園市	大園區	9.6
		蘆竹區	0.1
		觀音區	4.8
	雲林縣	口湖鄉	1.2
		四湖鄉	0.1
		麥寮鄉	0.1
		臺西鄉	2.0
	新竹市	香山區	2.2
	嘉義縣	布袋鎮	4.7
		東石鄉	11.3
	彰化縣	福興鄉	0.2
	臺南市	北門區	5.4
		將軍區	0.2
台 62	基隆市	七堵區	0.4
台 66	桃園市	平鎮區	2.6
		新屋區	0.5
		觀音區	1.0
台 68	新竹市	北區	1.0
		東區	0.2
	新竹縣	竹北市	0.1
		竹東鎮	0.6
台 72	苗栗縣	公館鄉	2.1
台 72	苗栗縣	後龍鎮	1.0
		苗栗市	0.4
		頭屋鄉	0.6
台 74	臺中市	西屯區	2.2
台 76	彰化縣	大村鄉	0.1
		秀水鄉	0.1
		員林鎮	4.4
		埔心鄉	9.7
		埔鹽鄉	4.4
		溪湖鎮	0.4
台 78	雲林縣	大埤鄉	0.6
		斗南鎮	0.6
		東勢鄉	0.5
		臺西鄉	0.4
台 82	嘉義縣	中埔鄉	1.1
		水上鄉	1.1
		朴子市	1.6
		東石鄉	0.2
		鹿草鄉	0.4
台 84	臺南市	下營區	0.4
		北門區	0.2
台 86	臺南市	仁德區	0.7
總計			**84.1**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-28 快速公路淹水風險(情境 6)新增中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 61	苗栗縣	竹南鎮	9.6
	苗栗縣	後龍鎮	4.6
	苗栗縣	苑裡鎮	0.7
	苗栗縣	通霄鎮	6.8
	桃園市	大園區	1.8
	桃園市	觀音區	1.5
	雲林縣	口湖鄉	11.7
	雲林縣	四湖鄉	0.9
	雲林縣	臺西鄉	8
	新竹市	香山區	11.4
台 72	苗栗縣	頭屋鄉	0.9
台 74	彰化縣	彰化市	0.2
	臺中市	西屯區	2.4
	臺中市	南屯區	7.8
	臺中市	烏日區	2.8
台 74 甲	彰化縣	花壇鄉	0.2
台 76	南投縣	南投市	0.4
	彰化縣	員林鎮	1.7
	彰化縣	埔心鄉	0.3
	彰化縣	埔鹽鄉	0.6

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-28 快速公路淹水風險(情境 6)新增中高以上路段(續)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 61	嘉義縣	布袋鎮	3.8
	嘉義縣	東石鄉	7.9
	臺中市	大甲區	9.2
	臺中市	大安區	17.2
	臺中市	梧棲區	9.8
	臺中市	清水區	14.5
	臺中市	龍井區	6.6
	臺南市	北門區	3.9
台 62	基隆市	七堵區	1.2
台 65	新北市	泰山區	0.5
	新北市	新莊區	1.0
台 66	桃園市	平鎮區	0.7
台 68	新竹市	北區	10.2
	新竹市	東區	8.4
	新竹縣	竹東鎮	4.6
台 72	苗栗縣	公館鄉	0.5
	苗栗縣	後龍鎮	2.2
	苗栗縣	苗栗市	0.2
台 78	雲林縣	土庫鎮	4.5
	雲林縣	大埤鄉	2.3
	雲林縣	元長鄉	2.1
	雲林縣	斗六市	0.2
	雲林縣	斗南鎮	2.7
	雲林縣	東勢鄉	5.2
	雲林縣	虎尾鎮	3.1
	雲林縣	臺西鄉	2.5
	雲林縣	褒忠鄉	1.4
台 82	嘉義縣	中埔鄉	1.5
	嘉義縣	水上鄉	3.9
	嘉義縣	朴子市	2.2
	嘉義縣	鹿草鄉	2.1
台 84	臺南市	下營區	1
	臺南市	官田區	2.1
	臺南市	麻豆區	0.7
台 86	臺南市	仁德區	0.6
總計			**214.8**

資料來源：本計畫彙整。



情境 1



情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.13 快速公路淹水風險地圖

(2)坡災風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全台總累計長度約 4.9 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-29，其中以分布於苗栗縣後龍鎮的台 72 路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 1.2 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-30，主要分布為基隆市七堵區的台 62 路段。

表 4.2-29 快速公路坡災風險(情境 1)中高以上路段

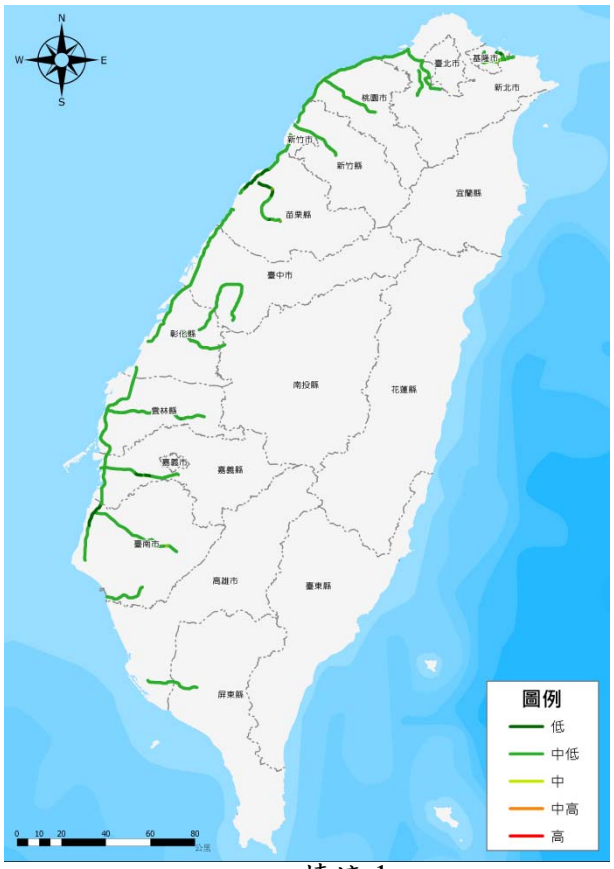
路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 72	苗栗縣	公館鄉	0.4
		後龍鎮	0.5
		獅潭鄉	0.2
台 84	臺南市	大內區	0.2
總計			**4.9**

資料來源：本計畫彙整。

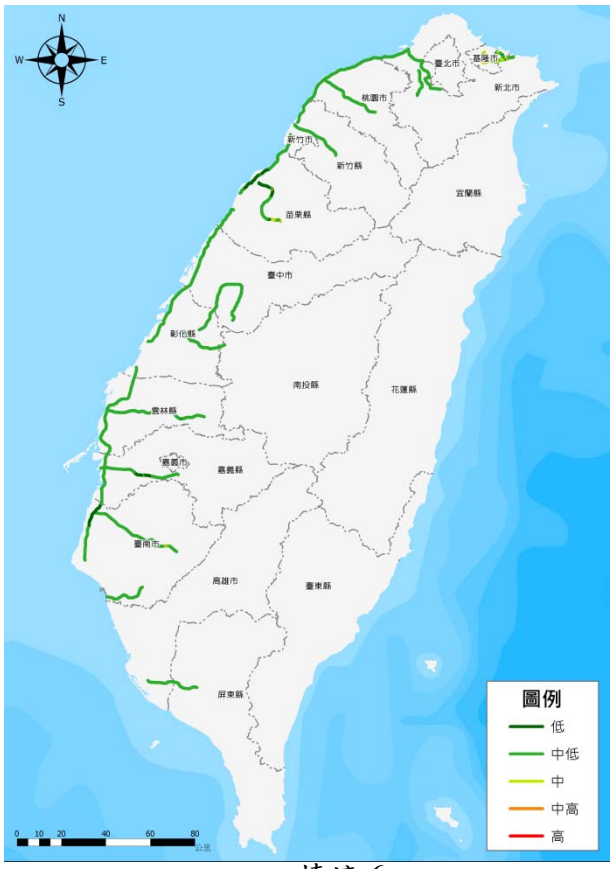
表 4.2-30 快速公路坡災風險(情境 6)新增中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 62	基隆市	七堵區	2.6
		暖暖區	0.6
	新北市	瑞芳區	0.1
台 62 甲	基隆市	信義區	0.1
台 72	苗栗縣	公館鄉	1.1
		後龍鎮	0.3
總計			**1.2**

資料來源：本計畫彙整。



情境 1



情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.14 快速公路坡災風險地圖

3.省道

(1)淹水風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全台總累計長度約 284 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-31，其中以分布於臺中縣西屯區的台 12、桃園市大園區的台 15、花蓮縣壽豐鄉的台 9、雲林縣口湖鄉、嘉義縣東石鄉與臺南市北門區的台 17 等路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 513.5 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-32，主要分布於屏東縣枋山鄉、新竹市香山區的台 1、南投縣草屯鎮的台 14 與臺中市清水區台 17 等路段。

表 4.2-31 省道淹水風險(情境 1)中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 1	屏東縣	竹田鄉	1.5
		枋山鄉	0.5
		屏東市	0.5
	苗栗縣	西湖鄉	1.0
		苑裡鎮	0.5
		通霄鎮	3.0
	桃園市	八德區	1.5
		中壢區	2.5
		桃園區	1.0
		楊梅區	2.5
		龜山區	0.5
	高雄市	岡山區	2.5
		橋頭區	1.5
	雲林縣	斗南鎮	2.5
		西螺鎮	0.5
		莿桐鄉	0.5
	新竹市	香山區	1.5
	嘉義市	西區	0.5
		東區	2.5
	嘉義縣	大林鎮	0.5
		水上鄉	0.5
		民雄鄉	1.5
	彰化縣	北斗鎮	1.0
		花壇鄉	0.5
		員林鎮	1.0
		埤頭鄉	0.5
		彰化市	0.5
	臺南市	仁德區	1.0
		六甲區	1.0
		永康區	2.5
		官田區	1.5
		後壁區	0.5
		柳營區	0.5
		善化區	0.5
		新市區	1.5
		新營區	1.5
台 11 丙	花蓮縣	壽豐鄉	5.5

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 19	臺南市	鹽水區	2.0
台 19 甲	高雄市	岡山區	2.5
		梓官區	1.5
	臺南市	下營區	1.0
		麻豆區	0.5
		善化區	2.0
		新化區	0.5
		新市區	0.5
台 1 乙	臺中市	北屯區	0.5
		烏日區	0.5
台 1 丁	雲林縣	斗六市	0.5
台 2	宜蘭縣	五結鄉	3.5
		壯圍鄉	3.0
		頭城鎮	0.5
	基隆市	中正區	0.5
	新北市	三芝區	1.5
		石門區	3.5
		金山區	1.5
		貢寮區	2.5
		淡水區	1.0
		萬里區	1.0
台 20	臺南市	中西區	0.5
		北區	1.0
		永康區	0.5
		新化區	1.0
台 26	屏東縣	牡丹鄉	1.0
		車城鄉	1.5
		恆春鎮	2.0
台 27	屏東縣	新園鄉	0.5
台 28	高雄市	阿蓮區	0.5
		湖內區	0.5
		旗山區	1.0
台 2 乙	新北市	淡水區	2.0
台 2 丙	新北市	貢寮區	1.0
		雙溪區	1.0
台 2 戊	宜蘭縣	五結鄉	1.0
		蘇澳鎮	1.0

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-31 省道淹水風險(情境 1)中高以上路段(續)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 11 甲	花蓮縣	光復鄉	4.0
台 12	臺中市	西屯區	6.0
		龍井區	0.5
台 13	苗栗縣	竹南鎮	0.5
		頭份市	1.0
	新竹市	香山區	0.5
台 13 甲	苗栗縣	後龍鎮	1.0
台 14 丁	南投縣	南投市	0.5
台 15	桃園市	大園區	7.5
		新屋區	2.0
		觀音區	4.5
	新竹市	北區	0.5
	新竹縣	竹北市	4.0
		新豐鄉	2.5
台 15 甲	桃園市	大園區	0.5
台 17	屏東縣	東港鎮	2.5
		林邊鄉	0.5
	高雄市	永安區	0.5
		茄萣區	2.5
		梓官區	0.5
		湖內區	1.0
	雲林縣	口湖鄉	9.5
		四湖鄉	0.5
		麥寮鄉	2.5
		臺西鄉	3.5
	嘉義縣	布袋鎮	4.0
		東石鄉	6.0
	彰化縣	大城鄉	1.5
		伸港鄉	0.5
		芳苑鄉	1.5
		福興鄉	1.5
		線西鄉	0.5
	臺南市	七股區	1.0
		北門區	6.5
		安南區	0.5
台 17 甲	臺南市	中西區	0.5
		安南區	1.5

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 2 甲	臺北市	士林區	1.0
		中山區	0.5
台 2 庚	宜蘭縣	頭城鎮	0.5
台 3	南投縣	南投市	0.5
		草屯鎮	0.5
	桃園市	大溪區	0.5
		平鎮區	1.0
		龍潭區	0.5
	高雄市	湖內區	0.5
		旗山區	1.5
	新北市	板橋區	0.5
	臺中市	東區	0.5
	臺北市	萬華區	1.0
台 30	花蓮縣	玉里鎮	0.5
台 31	桃園市	大園區	1.5
		中壢區	4.5
		新屋區	0.5
		蘆竹區	1.5
台 37	嘉義縣	太保市	3.0
		新港鄉	1.5
台 39	臺南市	永康區	0.5
		歸仁區	1.0
台 4	桃園市	大園區	2.5
		桃園區	2.0
		蘆竹區	3.0
台 5	基隆市	七堵區	2.5
		仁愛區	0.5
		暖暖區	0.5
	新北市	汐止區	0.5
	臺北市	大安區	0.5
		中正區	1.0
台 5 乙	新北市	汐止區	0.5
台 5 甲	基隆市	七堵區	1.0
	新北市	汐止區	1.5
台 6	苗栗縣	苗栗市	5.0
台 7	宜蘭縣	壯圍鄉	3.0
		員山鄉	0.5

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-31 省道淹水風險(情境 1)中高以上路段(續)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 17 甲		南區	1.0
台 18	南投縣	信義鄉	0.5
	嘉義市	西區	1.5
		東區	0.5
	嘉義縣	太保市	3.0
台 19	雲林縣	二崙鄉	2.5
		元長鄉	1.5
		褒忠鄉	0.5
	嘉義縣	六腳鄉	2.5
		朴子市	0.5
	彰化縣	竹塘鄉	1.5
		秀水鄉	1.0
		埔鹽鄉	0.5
		埤頭鄉	2.5
		溪湖鎮	1.5
		彰化市	2.0
	臺南市	永康區	0.5
		安南區	1.5
		西港區	0.5
	桃園市	大溪區	0.5
台 7 丙	宜蘭縣	三星鄉	1.0
		五結鄉	2.0
		冬山鄉	0.5
		羅東鎮	2.0
台 9	宜蘭縣	五結鄉	2.5
		冬山鄉	2.5
		宜蘭市	2.5
		礁溪鄉	1.0
		羅東鎮	1.0
	花蓮縣	玉里鎮	1.0
		光復鄉	3.0
		花蓮市	3.0
		新城鄉	3.0
		壽豐鄉	3.5
		鳳林鎮	0.5
台 9 丙	花蓮縣	吉安鄉	0.5
		壽豐鄉	0.5
總計			**284.0**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-32 省道淹水風險(情境 6)新增中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 1	屏東縣	內埔鄉	0.5
		竹田鄉	0.5
		枋山鄉	10.0
		屏東市	2.0
		潮州鎮	1.5
	苗栗縣	竹南鎮	3.0
		後龍鎮	2.5
		通霄鎮	3.0
		造橋鄉	2.0
		頭份市	2.5
	桃園市	中壢區	1.0
		桃園區	0.5
	高雄市	三民區	1.0
台 17 甲	臺南市	南區	2.0
台 18	嘉義市	東區	1.0
	嘉義縣	太保市	3.5
台 19	雲林縣	二崙鄉	3.5
		元長鄉	5.5
		北港鎮	2.5
		崙背鄉	0.5
		褒忠鄉	3.0
	嘉義縣	六腳鄉	1.5
		朴子市	1.5
		義竹鄉	1.5
	彰化縣	竹塘鄉	3.0
		埔鹽鄉	2.5

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-32 省道淹水風險(情境 6)新增中高以上路段(續 1)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 1		大寮區	0.5
		岡山區	2.0
		路竹區	1.0
		鳳山區	0.5
	雲林縣	大埤鄉	1.5
		斗南鎮	3.0
		虎尾鎮	0.5
		莿桐鄉	1.0
	新北市	三重區	3.0
		泰山區	1.0
		新莊區	0.5
	新竹市	北區	2.5
		東區	3.0
		香山區	10.5
	新竹縣	竹北市	5.5
		湖口鄉	1.0
		新豐鄉	3.0
	嘉義市	西區	0.5
		東區	1.0
	嘉義縣	大林鎮	0.5
		水上鄉	1.5
		民雄鄉	1.5
		溪口鄉	1.0
	彰化縣	大村鄉	1.5
		永靖鄉	1.0
		田尾鄉	0.5
		花壇鄉	2.5
		員林鎮	2.0
		埔心鄉	0.5
		埤頭鄉	0.5
		溪州鄉	0.5
		彰化市	3.5
	臺中市	大甲區	4.5
		大肚區	8.5
		烏日區	0.5
		梧棲區	4.5
		清水區	6.0

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
		埤頭鄉	2.5
		溪湖鎮	2.5
		彰化市	1.5
	臺南市	安南區	1.5
		西港區	0.5
		佳里區	1.5
		學甲區	2.0
		鹽水區	2.5
台 19 甲	高雄市	岡山區	1.0
		梓官區	0.5
	臺南市	下營區	2.5
		善化區	1.0
		新化區	0.5
		新市區	1.5
		新營區	1.5
		關廟區	2.0
台 1 乙	臺中市	大肚區	0.5
		北屯區	0.5
		西屯區	1.0
		烏日區	6.5
台 1 丁	雲林縣	斗六市	1.5
		斗南鎮	0.5
台 1 己	苗栗縣	竹南鎮	4.0
		頭份市	0.5
台 1 丙	彰化縣	彰化市	2.5
台 1 甲	新北市	三重區	2.5
	臺北市	中山區	1.0
台 2	宜蘭縣	五結鄉	4.0
		壯圍鄉	7.0
		頭城鎮	5.0
		蘇澳鎮	3.0
	基隆市	中山區	1.0
		中正區	1.0
		仁愛區	0.5
	新北市	三芝區	1.0
		金山區	1.5
		貢寮區	1.0

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-32 省道淹水風險(情境 6)新增中高以上路段(續 2)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 1		龍井區	7.0
	臺南市	永康區	2.5
		官田區	2.5
		後壁區	3.0
		柳營區	1.0
		新市區	1.0
台 10	臺中市	沙鹿區	0.5
		清水區	5.0
台 10 乙	臺中市	清水區	2.0
台 11 丙	花蓮縣	壽豐鄉	0.5
台 12	臺中市	北區	0.5
		西屯區	1.5
		沙鹿區	1.5
		梧棲區	4.0
台 13	苗栗縣	竹南鎮	2.0
		苗栗市	1.0
		頭份市	0.5
	新竹市	香山區	0.5
台 13 甲	苗栗縣	竹南鎮	4.0
		造橋鄉	1.5
台 14	南投縣	草屯鎮	9.0
	彰化縣	彰化市	0.5
台 14 乙	南投縣	南投市	8.5
		草屯鎮	8.0
	彰化縣	芬園鄉	0.5
台 14 丁	南投縣	南投市	3.5
	彰化縣	芬園鄉	0.5
台 15	桃園市	大園區	0.5
		新屋區	1.0
	新竹市	北區	2.0
		香山區	1.5
	新竹縣	竹北市	1.0
		新豐鄉	5.5
台 16	南投縣	集集鎮	1.5
台 17	屏東縣	佳冬鄉	1.0
		東港鎮	4.0
		林邊鄉	1.5

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
		萬里區	0.5
台 20	臺南市	左鎮區	1.0
		永康區	0.5
		新化區	1.0
台 22	高雄市	大樹區	0.5
台 26	屏東縣	牡丹鄉	2.5
		車城鄉	3.0
		枋山鄉	2.0
		恆春鎮	6.0
		滿州鄉	0.5
台 27	屏東縣	屏東市	0.5
		新園鄉	2.0
		萬丹鄉	1.0
		鹽埔鄉	0.5
台 28	高雄市	六龜區	0.5
		湖內區	1.0
		旗山區	1.0
台 2 乙	新北市	淡水區	0.5
	臺北市	士林區	0.5
		大同區	0.5
		北投區	2.0
台 2 丙	新北市	貢寮區	1.0
台 2 戊	宜蘭縣	五結鄉	1.5
		蘇澳鎮	2.5
台 3	南投縣	名間鄉	1.5
	南投縣	竹山鎮	1.0
	南投縣	南投市	8.5
	南投縣	草屯鎮	8.0
	苗栗縣	頭份市	1.0
	桃園市	大溪區	0.5
	高雄市	旗山區	1.0
	雲林縣	林內鄉	0.5
	臺中市	大里區	4.0
	臺中市	東區	1.0
	臺中市	潭子區	2.0
台 31	桃園市	大園區	0.5
	桃園市	中壢區	0.5

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-32 省道淹水風險(情境 6)新增中高以上路段(續 3)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 17		新園鄉	3.5
	高雄市	左營區	0.5
		永安區	3.0
		前金區	0.5
		前鎮區	0.5
		茄萣區	2.5
		湖內區	1.0
		楠梓區	1.0
		路竹區	0.5
		鼓山區	0.5
		橋頭區	1.5
		彌陀區	1.0
	雲林縣	口湖鄉	3.0
		四湖鄉	2.0
		麥寮鄉	3.5
		臺西鄉	2.0
	嘉義縣	布袋鎮	8.0
		東石鄉	4.5
	彰化縣	大城鄉	0.5
		伸港鄉	4.0
		芳苑鄉	4.0
		鹿港鎮	5.5
		福興鄉	3.0
		線西鄉	2.0
	臺中市	梧棲區	5.5
		清水區	8.0
		龍井區	3.5
	臺南市	七股區	4.5
		北門區	2.5
		將軍區	2.5
		學甲區	0.5
台 17 乙	臺南市	安南區	1.5
台 17 甲	高雄市	湖內區	1.0
	臺南市	中西區	1.0
		北區	1.0

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
	桃園市	蘆竹區	0.5
台 37	嘉義縣	太保市	1.0
		新港鄉	1.0
台 39	臺南市	新化區	0.5
		歸仁區	2.0
台 3 甲	南投縣	南投市	6.5
		草屯鎮	5.5
台 4	桃園市	大園區	0.5
		蘆竹區	0.5
台 5	基隆市	七堵區	2.0
	新北市	汐止區	5.0
	臺北市	大安區	1.5
		中正區	0.5
		南港區	0.5
台 5 乙	新北市	汐止區	0.5
台 5 甲	基隆市	七堵區	0.5
	新北市	汐止區	6.0
台 6	苗栗縣	苗栗市	0.5
台 7	宜蘭縣	壯圍鄉	1.5
		宜蘭市	2.5
		員山鄉	1.5
台 7 丙	宜蘭縣	三星鄉	1.5
		五結鄉	0.5
		冬山鄉	0.5
		羅東鎮	1.0
台 9	宜蘭縣	冬山鄉	1.0
		宜蘭市	2.0
		礁溪鄉	2.0
		羅東鎮	2.0
		蘇澳鎮	1.0
	花蓮縣	壽豐鄉	0.5
台 9 甲	宜蘭縣	宜蘭市	1.0
		員山鄉	1.0
總計			**513.5**

資料來源：本計畫彙整。



情境 1



情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.15 省道淹水風險地圖

(2)坡災風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6-為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全台總累計長度約 869 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-33，其中以分布於高雄市桃源區、臺東縣海端鄉的台 20、花蓮縣秀林鄉、臺中市和平區的台 8、南投縣仁愛鄉的台 14 甲等路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 354.5 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-33，主要分布於高雄市桃源區、臺東縣海端鄉的台 20、南投縣信義鄉的台 21、宜蘭縣大同鄉的台 7 與臺中市和平區的台 7 甲等路段。

表 4.2-33 省道坡災風險(情境 1)中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 11	花蓮縣	吉安鄉	0.5
		壽豐鄉	17.5
		豐濱鄉	3.5
	臺東縣	成功鎮	0.5
		卑南鄉	1.0
		東河鄉	1.0
		長濱鄉	1.5
		臺東市	1.0
台 11 乙	臺東縣	臺東市	3.5
台 11 甲	花蓮縣	光復鄉	2.5
		豐濱鄉	3.5
台 13	苗栗縣	造橋鄉	3.0
		頭份市	1.0
		頭屋鄉	3.0
台 14	南投縣	仁愛鄉	22.0
		國姓鄉	1.0
台 14 甲	花蓮縣	秀林鄉	4.5
	南投縣	仁愛鄉	34.0
台 16	南投縣	水里鄉	7.0
		信義鄉	8.0
台 18	南投縣	信義鄉	12.0
	嘉義縣	竹崎鄉	2.0
		阿里山鄉	32.5
		番路鄉	15.0
台 2	宜蘭縣	頭城鎮	0.5
		蘇澳鎮	2.0
	基隆市	仁愛區	0.5
	新北市	金山區	2.0
台 20	高雄市	六龜區	13.0
		甲仙區	1.0
		桃源區	43.0
	臺東縣	海端鄉	43.5
	臺南市	左鎮區	0.5
台 20 甲	臺東縣	池上鄉	1.0
		海端鄉	2.5
台 21	南投縣	水里鄉	0.5
		信義鄉	26.5

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 2 丙	新北市	平溪區	0.5
台 2 戊	宜蘭縣	蘇澳鎮	1.5
台 3	南投縣	竹山鎮	2.5
	苗栗縣	三灣鄉	2.5
		大湖鄉	7.5
		卓蘭鎮	4.5
		獅潭鄉	1.0
	新竹縣	峨眉鄉	3.5
		橫山鄉	5.5
		關西鎮	0.5
	嘉義縣	大埔鄉	3.5
		中埔鄉	3.5
		番路鄉	10.5
	臺中市	石岡區	2.0
		東勢區	4.5
台 3	臺中市	霧峰區	1.0
台 30	花蓮縣	玉里鎮	3.0
	花蓮縣	卓溪鄉	4.5
	花蓮縣	富里鄉	1.5
	臺東縣	長濱鄉	5.0
台 3 丙	南投縣	集集鎮	0.5
台 6	苗栗縣	公館鄉	1.0
		獅潭鄉	1.5
台 7	宜蘭縣	大同鄉	21.5
		員山鄉	4.0
	桃園市	復興區	23.0
台 7 乙	新北市	三峽區	0.5
台 7 丙	宜蘭縣	三星鄉	2.0
台 7 甲	宜蘭縣	大同鄉	24.5
	臺中市	和平區	14.5
台 8	花蓮縣	秀林鄉	72.5
	南投縣	仁愛鄉	25.5
	臺中市	和平區	38.0
		東勢區	3.5
台 8 甲	臺中市	和平區	15.0
台 9	宜蘭縣	南澳鄉	21.5
		頭城鎮	8.5

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-33 省道坡災風險(情境 1)中高以上路段(續)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 21		埔里鎮	0.5
		魚池鄉	6.5
	臺中市	新社區	3.5
台 21 甲	南投縣	魚池鄉	9.0
台 22	高雄市	燕巢區	0.5
台 23	花蓮縣	富里鄉	13.5
	臺東縣	成功鎮	4.0
		東河鄉	13.5
台 24	屏東縣	三地門鄉	12.0
		霧臺鄉	14.5
台 26	屏東縣	牡丹鄉	2.0
	臺東縣	達仁鄉	0.5
台 27	屏東縣	屏東市	0.5
		高樹鄉	1.5
	高雄市	六龜區	16.0
台 28	高雄市	內門區	1.5
		六龜區	1.0
		美濃區	1.0
		旗山區	2.5
台 3		蘇澳鎮	22.5
	花蓮縣	玉里鎮	0.5
		秀林鄉	19.5
		新城鄉	2.0
		壽豐鄉	1.0
	屏東縣	獅子鄉	8.0
	新北市	坪林區	1.5
		新店區	0.5
	臺東縣	大武鄉	6.5
		太麻里鄉	20.5
		池上鄉	1.0
		達仁鄉	8.0
台 9 丙	花蓮縣	吉安鄉	0.5
		秀林鄉	2.5
		壽豐鄉	2.5
台 9 甲	宜蘭縣	員山鄉	3.5
	新北市	烏來區	0.5
		新店區	0.5
總計			**869.0**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-34 省道坡災風險(情境 6)新增中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 11	花蓮縣	吉安鄉	0.50
		壽豐鄉	5.00
		豐濱鄉	10.00
	臺東縣	長濱鄉	2.00
		臺東市	0.50
台 11 甲	花蓮縣	光復鄉	1.00
		豐濱鄉	3.50
台 13	苗栗縣	造橋鄉	0.50
		頭屋鄉	2.00
台 14	南投縣	仁愛鄉	5.00
		埔里鎮	0.50
		國姓鄉	0.50
台 3	南投縣	名間鄉	0.5
		竹山鎮	0.5
	苗栗縣	三灣鄉	1.5
		大湖鄉	4.0
		卓蘭鎮	1.0
		南庄鄉	0.5
	苗栗縣	獅潭鄉	8.0
	高雄市	內門區	1.0
	新竹縣	橫山鄉	0.5
		關西鎮	1.0
	嘉義縣	大埔鄉	5.0
		中埔鄉	10.0

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-34 省道坡災風險(情境 6)新增中高以上路段(續 1)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 14 乙	南投縣	南投市	1.50
台 14 甲	南投縣	仁愛鄉	3.00
台 16	花蓮縣	鳳林鎮	0.50
	南投縣	水里鄉	4.50
		名間鄉	2.50
		信義鄉	4.50
		集集鎮	1.50
台 18	南投縣	信義鄉	2.50
	嘉義縣	竹崎鄉	1.50
		阿里山鄉	3.00
		番路鄉	6.00
台 2	宜蘭縣	頭城鎮	8.50
		蘇澳鎮	0.50
	基隆市	中正區	1.00
		安樂區	4.00
	新北市	石門區	0.50
		金山區	1.50
		萬里區	1.50
台 20	高雄市	六龜區	1.50
		甲仙區	2.00
		桃源區	17.00
	臺東縣	海端鄉	11.00
	臺南市	左鎮區	2.00
		玉井區	3.50
台 21	南投縣	水里鄉	3.00
		信義鄉	23.00
		國姓鄉	0.50
		魚池鄉	5.50
	臺中市	東勢區	0.50
		新社區	7.00
台 21 甲	南投縣	魚池鄉	10.00
台 22	高雄市	燕巢區	1.50
台 23	花蓮縣	富里鄉	2.00
	臺東縣	東河鄉	7.50
台 24	屏東縣	三地門鄉	0.50
		霧臺鄉	1.00

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 3		番路鄉	1.0
	臺中市	石岡區	1.0
		東勢區	1.0
		霧峰區	0.5
	臺南市	玉井區	0.5
		南化區	0.5
台 30	花蓮縣	玉里鎮	0.5
		卓溪鄉	3.5
		富里鄉	1.5
	臺東縣	長濱鄉	3.0
台 3 丙	南投縣	集集鎮	0.5
台 5 乙	新北市	汐止區	0.5
台 6	苗栗縣	公館鄉	3.0
		獅潭鄉	0.5
台 7	宜蘭縣	大同鄉	10.5
		員山鄉	0.5
台 7	桃園市	復興區	10.0
台 7 乙	新北市	三峽區	1.5
台 7 丙	宜蘭縣	三星鄉	2.5
		大同鄉	0.5
台 7 甲	宜蘭縣	大同鄉	4.0
台 7 甲	臺中市	和平區	12.5
台 8	花蓮縣	秀林鄉	4.0
		新城鄉	1.0
	臺中市	和平區	6.5
		東勢區	1.5
台 9	宜蘭縣	南澳鄉	1.0
		頭城鎮	2.5
		蘇澳鎮	3.5
	花蓮縣	秀林鄉	3.0
		富里鄉	1.0
		新城鄉	1.0
		壽豐鄉	4.0
	屏東縣	獅子鄉	3.5
	新北市	石碇區	0.5
		坪林區	4.0

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-34 省道坡災風險(情境 6)新增中高以上路段(續 2)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
台 26	屏東縣	牡丹鄉	0.50
		恆春鎮	0.50
	臺東縣	達仁鄉	3.00
台 27	高雄市	六龜區	4.50
台 27 甲	高雄市	六龜區	0.50
台 28	高雄市	內門區	0.50
		六龜區	1.00
		旗山區	1.00
台 2 乙	臺北市	北投區	1.50
台 2 己	基隆市	中山區	3.00
台 2 戊	宜蘭縣	蘇澳鎮	0.50
台 2 甲	新北市	金山區	3.50
	臺北市	士林區	1.00
台 5	基隆市	七堵區	0.50
		新店區	6.5
	臺東縣	大武鄉	1.5
		池上鄉	1.0
		卑南鄉	0.5
		達仁鄉	3.5
		臺東市	1.0
台 9 丙	花蓮縣	吉安鄉	1.0
		秀林鄉	0.5
		壽豐鄉	5.0
台 9 甲	宜蘭縣	員山鄉	1.5
		烏來區	1.5
		新店區	1.0
總計			**354.5**

資料來源：本計畫彙整。



情境 1



情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.16 省道坡災風險地圖

4.臺鐵

(1)淹水風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全台總累計長度約 26.4 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-35,其中以分布於宜蘭縣礁溪鄉的宜蘭線、花蓮縣光復鄉、壽豐鄉的東部幹線與屏東縣林邊鄉的屏東南迴線等路段居多，在車站部分，風險中高以上等級之熱點，分別為造橋車站、三姓橋車站、保安車站等 3 處。

而在情境 6 下新增熱點路段約 122.9 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-37，主要分布於西部幹線的新竹市香山區與臺中市烏日區、西部幹線海線的臺中市大肚區等路段，此外，在臺鐵車站部分，風險中高以上等級之熱點新增共計 29 處。

表 4.2-35 臺鐵淹水風險(情境 1)中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
北迴線	花蓮縣	花蓮市	0.7
		新城鄉	0.3
西部幹線	苗栗縣	後龍鎮	0.2
		造橋鄉	0.2
	桃園市	八德區	0.5
		中壢區	0.3
		平鎮區	0.3
		桃園區	0.5
		楊梅區	0.2
	高雄市	岡山區	1.0
		橋頭區	0.3
	基隆市	七堵區	1.1
		中山區	0.2
		仁愛區	0.4
		暖暖區	0.1
	雲林縣	斗南鎮	0.3
	新北市	汐止區	0.7
		香山區	0.9
	新竹縣	湖口鄉	0.9
	嘉義市	西區	0.4
		東區	0.2
西部幹線	彰化縣	員林鎮	0.6
		彰化市	0.4
	臺南市	仁德區	0.9
		永康區	0.3
		官田區	0.4
		後壁區	0.2
		柳營區	0.5
		善化區	0.3
		新市區	0.8
		新營區	0.6
西部幹線(海)	苗栗縣	後龍鎮	0.2
		通霄鎮	1.1
		造橋鄉	0.1
宜蘭線	宜蘭縣	五結鄉	0.5
		冬山鄉	0.6
		宜蘭市	0.7
		礁溪鄉	1.3
		羅東鎮	0.1
	新北市	貢寮區	0.1
		雙溪區	0.1
東部幹線	花蓮縣	光復鄉	1.4

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-35 臺鐵淹水風險(情境 1)中高以上路段(續)

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
西部幹線	嘉義縣	大林鎮	0.3
		水上鄉	0.1
		民雄鄉	1.0
		溪口鄉	0.4
	彰化縣	大村鄉	0.7
		花壇鄉	0.1
東部幹線	花蓮縣	吉安鄉	0.2
		瑞穗鄉	0.2
		壽豐鄉	1.2
		鳳林鎮	0.1
屏東南迴線	屏東縣	林邊鄉	1.2
總計			**26.4**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-36 臺鐵淹水風險(情境 1)中高以上車站

縣市	鄉鎮	車站名
苗栗縣	造橋鄉	造橋車站
新竹市	香山區	三姓橋車站
臺南市	仁德區	保安車站

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-37 臺鐵淹水風險(情境 6)新增中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
北迴線	花蓮縣	新城鄉	0.4
成追線	臺中市	大肚區	1.8
		烏日區	0.7
西部幹線	苗栗縣	竹南鎮	4.8
		後龍鎮	0.3
		造橋鄉	0.8
	桃園市	八德區	0.1
		楊梅區	0.1
	高雄市	岡山區	0.7
		鳳山區	0.3
	基隆市	七堵區	1.8
		暖暖區	0.1
	雲林縣	斗六市	0.6
		斗南鎮	0.7
	新北市	汐止區	4.3
		板橋區	1.0
	新竹市	北區	1.1
		東區	4.4
		香山區	9.8
	新竹縣	竹北市	5.9
		湖口鄉	1.4
		新豐鄉	0.6
西部幹線	臺北市	萬華區	0.5
		仁德區	1.3
		六甲區	0.1
		北區	0.1
		永康區	1.3
		官田區	0.3
		東區	0.7
		後壁區	2.1
		柳營區	0.4
		善化區	0.5
		新市區	0.1
西部幹線(海)	苗栗縣	竹南鎮	2.5
		後龍鎮	4.9
		苑裡鎮	0.5
		通霄鎮	5.9
		造橋鄉	2.3
	臺中市	大甲區	0.4
		大肚區	8.5
		沙鹿區	5.0
		清水區	4.1
		龍井區	5.1
宜蘭線	宜蘭縣	五結鄉	1.9

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-37 臺鐵淹水風險(情境 6)新增中高以上路段(續)

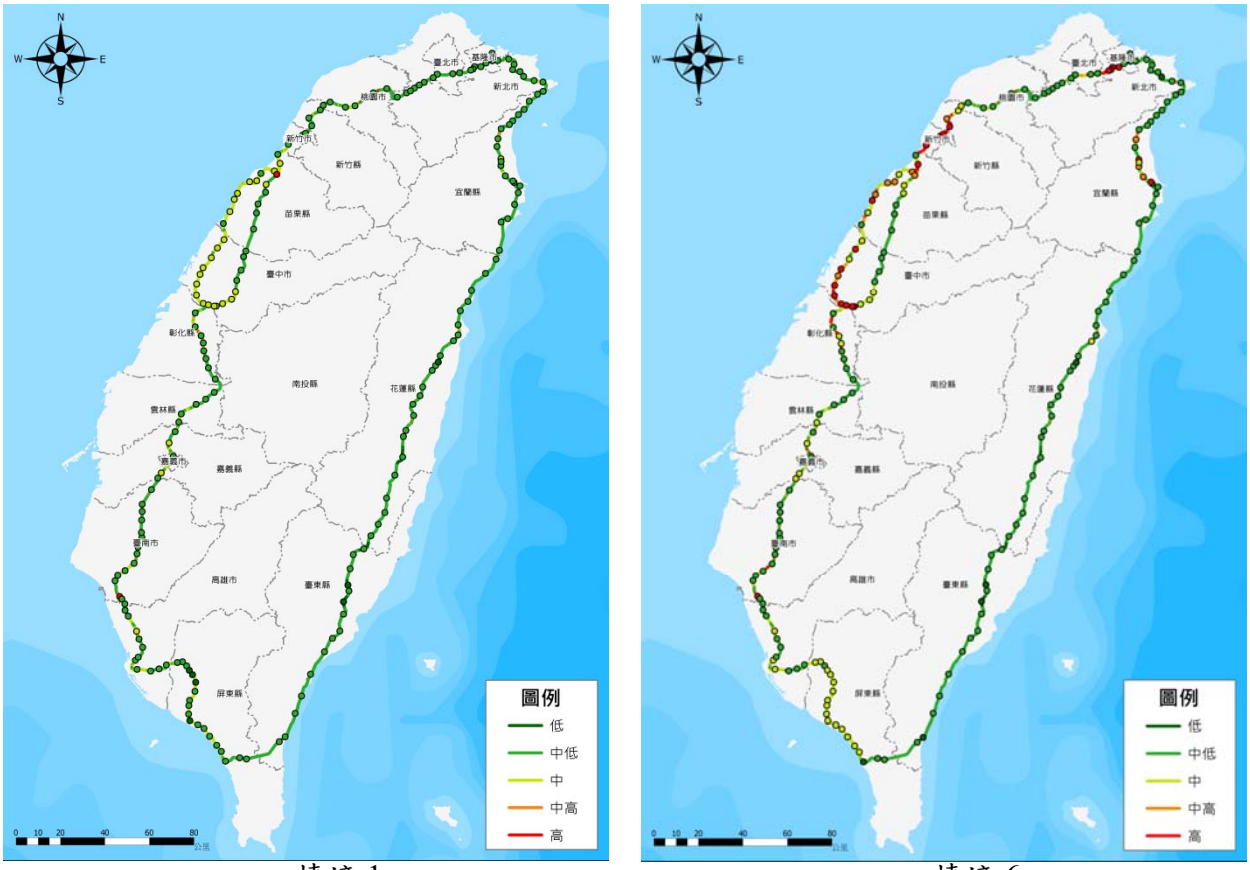
路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
西部幹線	嘉義市	西區	0.2
		東區	0.3
	嘉義縣	大林鎮	0.5
		水上鄉	1.3
		民雄鄉	1.4
		溪口鄉	0.3
	彰化縣	大村鄉	1.9
		永靖鄉	0.4
		花壇鄉	1.6
		員林鎮	2.1
		彰化市	2.6
	臺中市	大肚區	1.1
		烏日區	6.1
		大安區	1.0
		中正區	2.1
		信義區	1.4
		南港區	0.8
宜蘭線	宜蘭縣	冬山鄉	0.6
		宜蘭市	0.1
		頭城鎮	0.1
		礁溪鄉	0.9
		羅東鎮	1.0
		蘇澳鎮	0.4
	新北市	貢寮區	0.1
		雙溪區	0.2
東部幹線	花蓮縣	吉安鄉	0.1
		壽豐鄉	0.4
		鳳林鎮	0.3
屏東南迴線	屏東縣	佳冬鄉	0.5
		枋寮鄉	0.3
		林邊鄉	2.1
		潮州鎮	0.5
總計			**122.9**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-38 臺鐵淹水風險(情境 6)新增中高以上車站

縣市	鄉鎮	車站名
宜蘭縣	五結鄉	二結車站
	冬山鄉	冬山車站
	礁溪鄉	四城車站
	羅東鎮	羅東車站
	蘇澳鎮	新馬車站
苗栗縣	竹南鎮	竹南車站
	後龍鎮	後龍車站
		龍港車站
	通霄鎮	白沙屯車站
		新埔車站
	造橋鄉	談文車站
基隆市	七堵區	百福車站
新北市	汐止區	五堵車站
		汐止車站
		汐科車站
新竹市	東區	北新竹車站
		新竹車站
	香山區	香山車站
新竹縣	竹北市	竹北車站
	新豐鄉	新豐車站
	大甲區	大甲車站
臺中市	大肚區	大肚車站
	沙鹿區	追分車站
		沙鹿車站
	烏日區	成功車站
		烏日車站
		新烏日車站
	清水區	清水車站
	龍井區	龍井車站

資料來源：本計畫彙整。



情境 1　　情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.17 臺鐵淹水風險地圖

(2)坡災風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全台總累計長度約 37.8 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-39，其中以分布於宜蘭縣南澳鄉與花蓮縣秀林鄉的北迴線、臺東縣太麻里鄉的屏東南迴線等路段居多，在車站部分，風險中高以上等級之熱點共計 6 處，如表 4.2-40。

而在情境 6 下新增熱點路段約 0.7 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-39，主要分布宜蘭縣蘇澳鄉的北迴線、屏東縣獅子鄉與臺東縣太麻里鄉的屏東南迴線等路段，在車站部分，風險中高以上等級之新增熱點為花蓮縣壽豐鄉志學車站。

表 4.2-39 臺鐵坡災風險(情境 1)中高以上路段

路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
北迴線	宜蘭縣	南澳鄉	3.5
		蘇澳鎮	1.4
	花蓮縣	秀林鄉	6.9
		新城鄉	0.2
宜蘭線	宜蘭縣	頭城鎮	0.9
		蘇澳鎮	1
東部幹線	花蓮縣	萬榮鄉	0.1
		壽豐鄉	0.4
		鳳林鎮	0.2
		臺東縣	1.1
	臺東縣	卑南鄉	0.8
		延平鄉	0.3
屏東南迴線	屏東縣	獅子鄉	6.4
	臺東縣	大武鄉	2.8
		太麻里鄉	11.5
		達仁鄉	1.4
總計			**37.8**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-40 臺鐵坡災風險(情境 6)新增中高以上路段

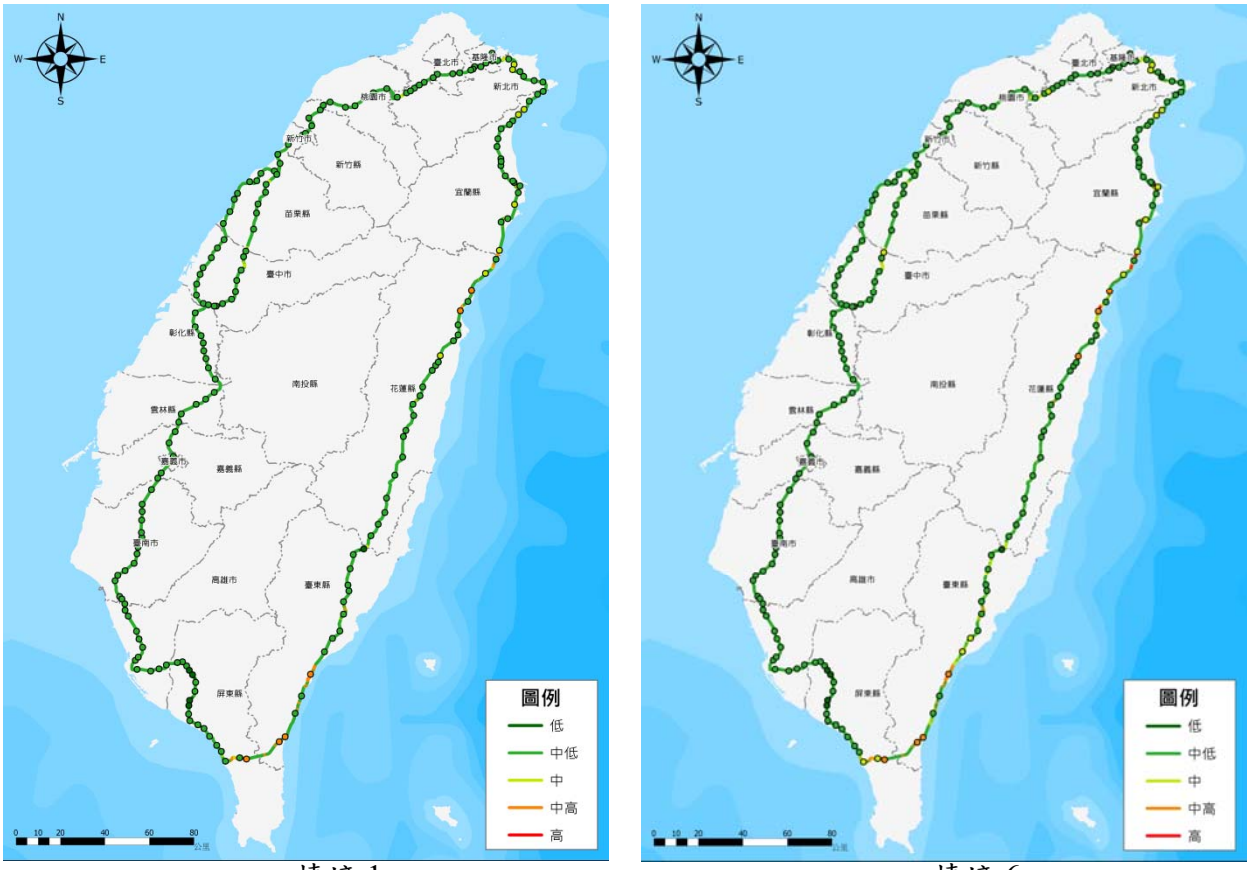
路線	縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
北迴線	宜蘭縣	蘇澳鎮	0.1
屏東南迴線	屏東縣	獅子鄉	0.5
	臺東縣	太麻里鄉	0.1
總計			**0.7**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-41 臺鐵坡災風險(情境 1)中高以上車站

縣市	鄉鎮	車站
花蓮縣	秀林鄉	崇德車站
		景美車站
屏東縣	獅子鄉	中央號誌車站
臺東縣	大武鄉	大武車站
		古莊車站
		太麻里車站

資料來源：本計畫彙整。



情境 1　　情境 6

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.18 臺鐵坡災風險地圖

5.高鐵

(1)淹水風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 下，高鐵無路段淹水風險在中高以上等級，在情境 6 下則主要分布於臺北市和新北市間地下隧道路段，因其設計強度為重現期 200 年，因此在情境 6 下，此部分路段之危害潛勢高於其設計強度。此外，在高鐵車站部分，風險中高以上等級在情境 6 熱點新增兩處分別為新竹站與臺中站，主因在於此處危害度高，雖站體已加高設計，但旅客仍有因站外平面路段淹水無法進入之可能存在。

表 4.2-42 高鐵淹水風險(情境 6)中高以上路段

縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
新北市	板橋區	1.3
臺北市	大安區	1
	中正區	2.5
	信義區	1.5
	南港區	0.5
	萬華區	0.5
總計		**7.3**

資料來源：本計畫彙整。

表 4.2-43 高鐵淹水風險(情境 1)中高以上車站

縣市	鄉鎮	車站
新竹縣	竹北市	高鐵新竹站
臺中市	烏日區	高鐵臺中站
總計		**2 處**

資料來源：本計畫彙整。



情境 1



情境 6

資料來源：本計畫彙整。

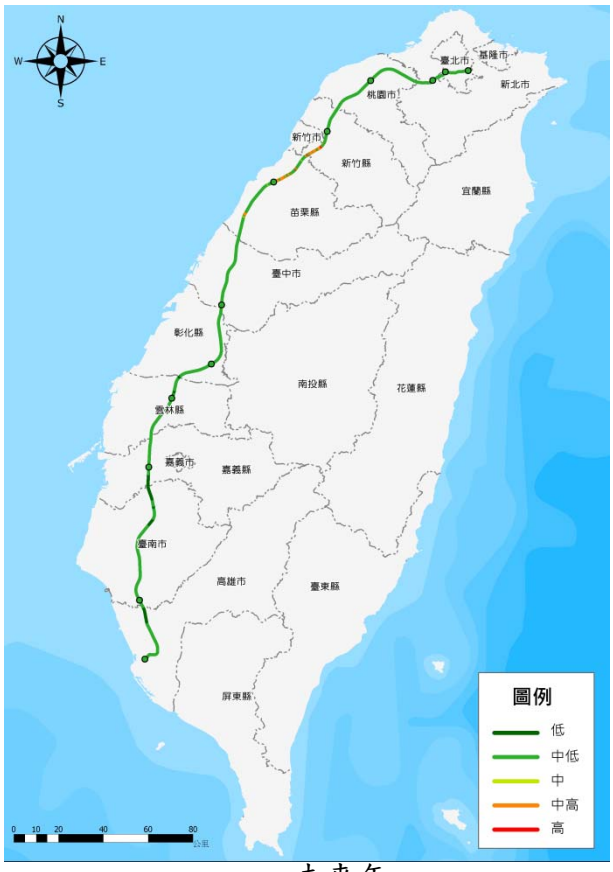
圖 4.2.19 高鐵淹水風險地圖

(2)坡災風險地圖

依風險評估結果，以情境 1、情境 6 為例，篩選出風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全台總累計長度約 12.8 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-44，路段主要分布於苗栗縣的造橋鄉、通霄鎮與頭份市、新竹縣的寶山鄉與新竹市的東區等五個區域，而在情境 6 下中風險中高以上等級路段新增熱點路段約 0.7 公里，熱點分布累積長度與區域如表 4.2-45，主要分布苗栗縣的通霄鎮、頭份市與新竹縣的寶山鄉等三個區域，而在高鐵車站部分，於情境 1、情境 6 中各車站坡災風險皆未達中高等級。



現況年



未來年

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.20 高鐵坡災風險地圖

表 4.2-44 高鐵坡災風險(情境 1)中高以上路段

縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
苗栗縣	通霄鎮	1.3
	造橋鄉	3.8
	頭份市	1.8
新竹市	東區	0.3
新竹縣	寶山鄉	5.8
總計		12.8

資料來源：本計畫彙整。

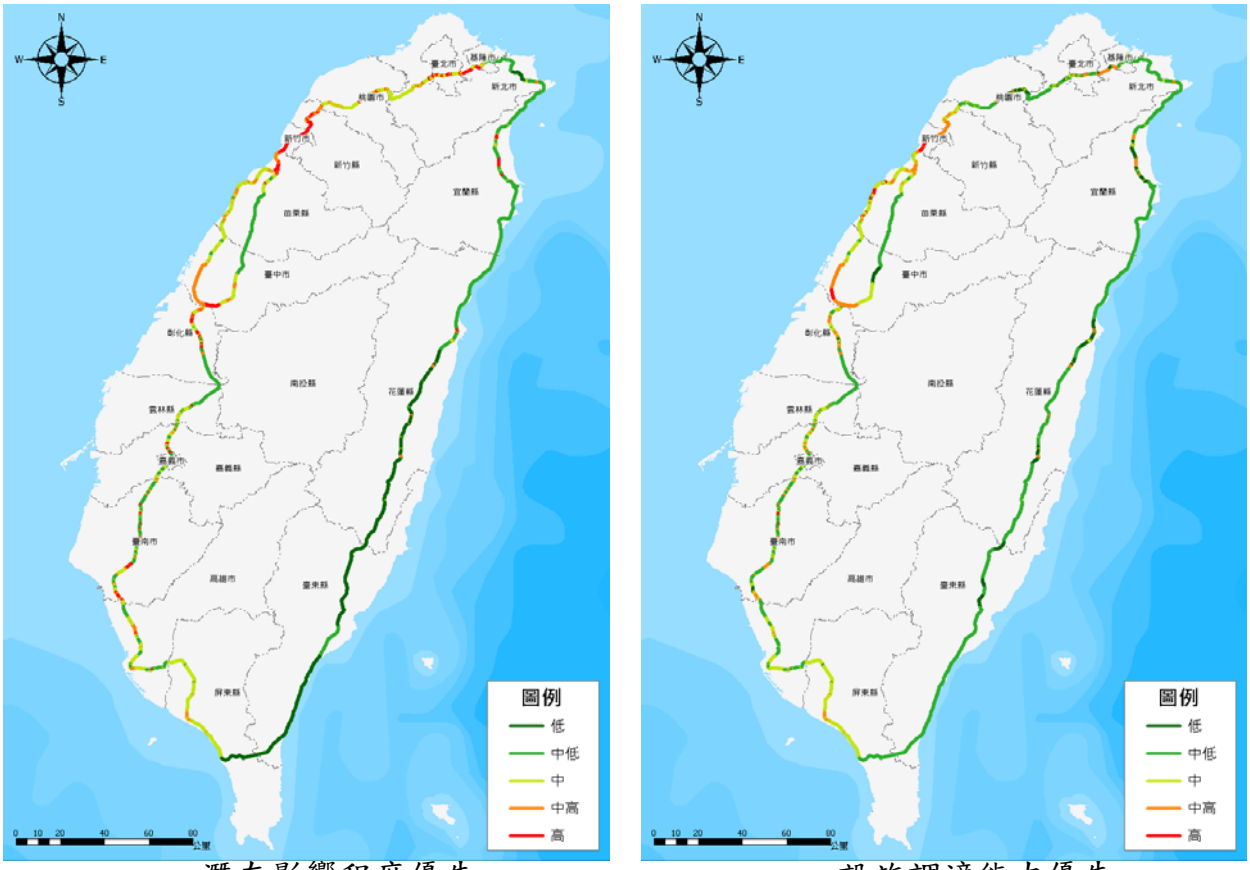
表 4.2-45 高鐵坡災風險(情境 6)新增中高以上路段

縣市	鄉鎮	累計長度(KM)
苗栗縣	通霄鎮	0.3
	頭份市	0.3
新竹縣	寶山鄉	0.3
總計		0.7

資料來源：本計畫彙整。

6.自選權重

考量在計畫審議以效率型、公平型 2 大類型為主，依據不同的計畫類型其所重視的指標面向亦有所不同，權重選擇在原本風險評估計算視同潛在影響程度、設施調適能力相同重要，故採用 0.5 分配權重，然而在非都市地區其潛在影響程度一般較低，易使其脆弱度無法被凸顯，故在公平型計畫，需要給予設施調適能力較高權重；反之效率型計畫，需要給予潛在影響程度較高權重。故新增自訂權重功能，預先計算給予潛在影響程度和設施調適能力不同權重，共分為 1:0、0.25:0.75、0.5:0.5、0.75:0.25、0:1，共 5 種權重組合。以臺鐵為例，可看到在潛在影響程度優先(0.75:0.25)權重組合下，西半部交通量與產值較高的地區的路段其風險等級較為顯著，反之在以設施調適能力優先的情況(0.25:0.75)，則以設施調適能力較不足的東半部風險等級較為顯著。



潛在影響程度優先　　設施調適能力優先

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.21 臺鐵自選權重風險地圖

4.3 風險地圖驗證

針對風險地圖成果，分別透過現況驗證與災點驗證比較，評估方法與指標調整後之風險地圖變化。

4.3.1 現況驗證

藉由案例路段檢視風險地圖成果，以確認評估結果與現況是否相符，在案例選擇部分，分別針對省道與鐵路篩選部分路段進行檢視，路段之選擇，省道透過本所「氣候變遷運輸系統風險評估案例分析，105 年」計畫、公路總局「因應氣候變遷公路設施調適改善計畫(草案)，105 年」中所針對路段現勘與訪談結果，瞭解各路段調適作為與現況；鐵道則透過行車安全 6 年計畫與流域綜合治理計畫中選出案例路段，進行風險地圖成果檢視。

1.台 9 線蘇花公路南澳東澳 123K~124K

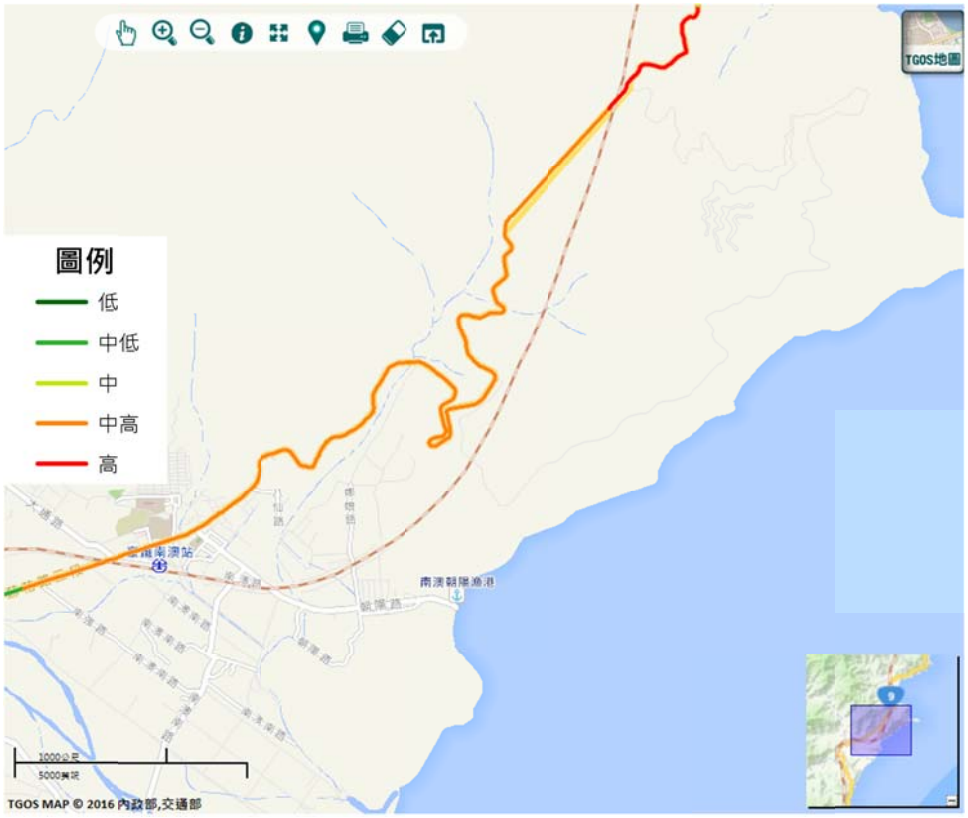
在省道邊坡分級中資料，該路段屬於岩屑崩滑高敏感區(122K+550~123K+750)，同時屬於山崩與地滑地質敏感區(123K+300~124K+400)，在 105 年 7 月尼伯特風災(123K+300)有自然災害紀錄。

訪談瞭解該路段目前現況，採用型框植生護坡，對於零星落石區則以防落石網方式處理，並規劃委託顧問公司進行安全調查、檢測及擬定改善處理對策。未來若改善處理對策可有效降低發生坡災機率，如邊坡分級從 A 調整為 D 級，則在風險評估指標會反應在設施安全指標中，將由低調整為中高，從風險評估方法檢視，該地區屬於地質脆弱地區，雖坡災潛勢因地質因素難以降低，但在設施安全性由低提升為中高後，可反應在設施安全之提升，風險則由高降為中高，可反應該地區仍為危害度高區域，亦同時反應設施改善對於風險之降低。

表 4.3-1 省道台 9 線南澳東澳 123K~124K 風險分析表

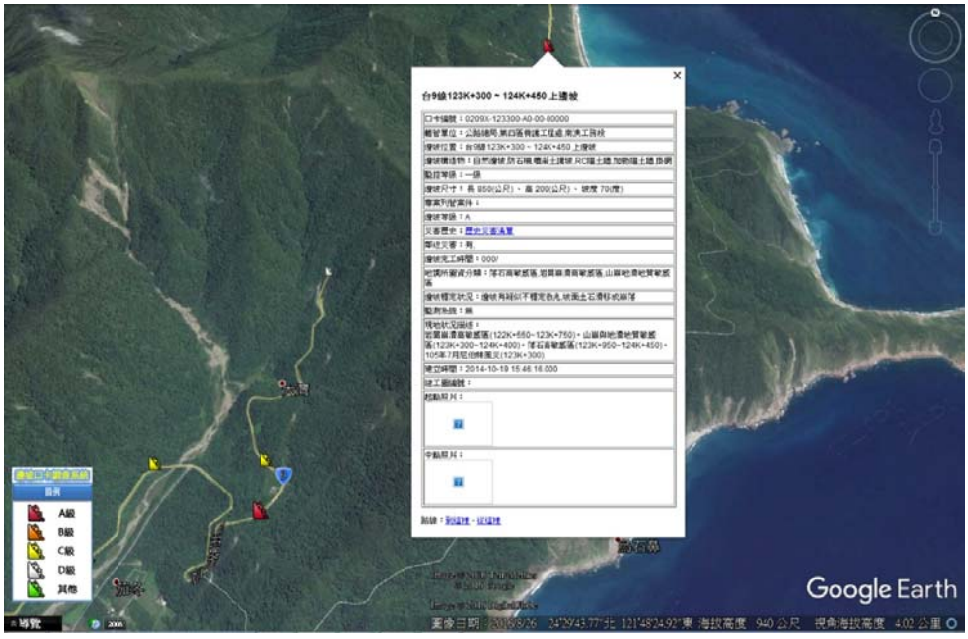
階段	脆弱度					危害度	坡災風險
	產值	交通量	設施安全	預警應變	替代道路	坡災潛勢	
調適前	中高	中低	低	中高	低	高	高
調適後	中高	中低	中高	中高	低	高	中高

資料來源：本計畫彙整。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.3.1 省道台 9 線南澳東澳 123K~124K 路段情境 3 坡災風險地圖



資料來源：邊坡ㄖ卡調查系統，公路總局，105 年。

圖 4.3.2 省道台 9 線南澳東澳 123K~124K 路段邊坡分級

2.台鐵南迴線太麻里路段

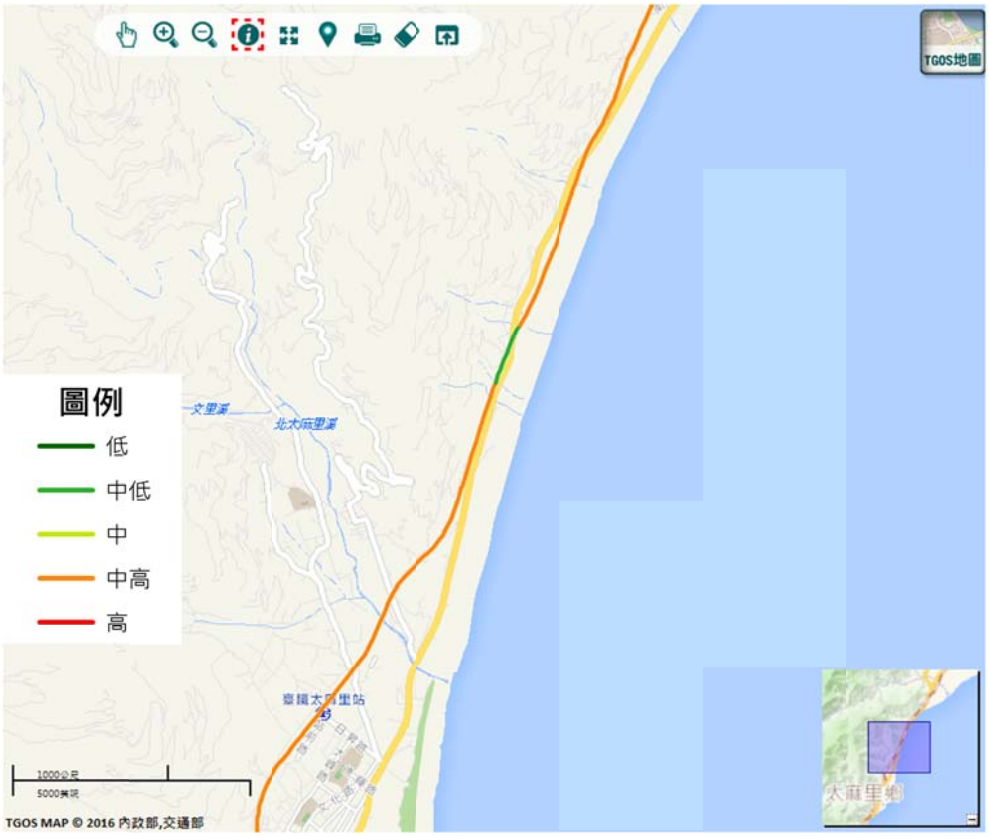
南迴鐵路之邊坡問題近年在發生土石崩塌與路基流失等災情，影響列車行駛安全下，近期為 105 年 10 月 8 日在南迴線 77K+200 與 105 年 10 月 10 日發生於 76K+800 至 77K+200 臨近新吉隧道口南端，所發生之災情。

以坡災風險地圖檢視該區域，該路段在本計畫中，因圖資所採用路線分段為屏東南迴線，故與南迴線之差異，需補上 40.3 公里之差異，故在計畫所產出台鐵風險地圖為檢視117K+200路段，目前該路段之風險為中高，主要在於該路段之坡災危害度高，且設施尚未電氣化，替代道路少等因素。目前該路段已納入行車 6 年安全計畫中，以及未來南迴電氣化後，其設施安全性與預警應變可望提升，但在該區域地質危害度未改善下，其風險仍屬於中高，此部分在座談會與設施機關訪談中，與設施機關人員認知相符，認同若邊坡之危害無法改善情況下，即使設施安全提升，其風險仍高。該路段之改善方式除改線外，與省道共構明隧道之改建方式亦為改善方式之一，短期則以邊坡與排水加強避免邊坡坍方為主，並輔助監測系統設置，以提升其預警能力。

表 4.3-2 臺鐵南迴線太麻里路段風險分析表

階段	脆弱度					危害度	坡災
	產值	交通量	設施安全	預警應變	替代道路	坡災潛勢	風險
調適前	中低	中低	中	中	中低	高	中高
調適後	中低	中低	高	中高	中低	高	中高

資料來源：本計畫彙整。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.3.3 臺鐵南迴線太麻里路段情境 3 坡災風險地圖

4.3.2 歷史災點驗證

1.坡災危害度

前期計畫以公路總局 97 至 101 年省道邊坡崩塌或阻斷案例針對危害度地圖進行檢視，結果顯示 72%歷史災點位於危害度等級中以上路段，證明危害度之評估模式可鑑別道路具有受崩塌阻斷或崩塌危害之路段。

本期經過指標調整後，針對坡災危害度部分，進行隧道路段危害度調整，配合設施單位意見，一般認為隧道較無坡災疑慮，故將此部分路段之坡災危害度設為低。

調整後之坡災危害度地圖，本計畫以 99 至 105 年省道歷史災點進行檢視，在 2,066 筆歷史災害紀錄中，其分布狀況如表 4.3-6 所示，對應至省道路段 1,270 筆路段資料屬於歷史災點路段，換算里程長度為 635 公里；以坡災危害度情境 3 驗證，對照歷史災點路段中危害度等級中以上路段為 971 筆路段資料，換算里程長度為 486 公里，佔歷史災害路段 76%，顯示將隧道路段視為邊坡危害度低路段，對於坡災危害度之鑑別並無影響，且在新的歷史災點資料中，仍可鑑別受崩塌阻斷或崩塌危害之路段。

表 4.3-3 省道坡災歷史災點與危害度分析

項目	資料筆數	里程長度(公里)
省道路段	8,948	4,474
歷史災點路段	1,270	635
坡災危害度中以上	3,289	1,645
坡災危害度中以上歷史災點	971	486

資料來源：本計畫彙整。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.3.4 省道 99 至 105 年省道坡災歷史災點

2.淹水危害度

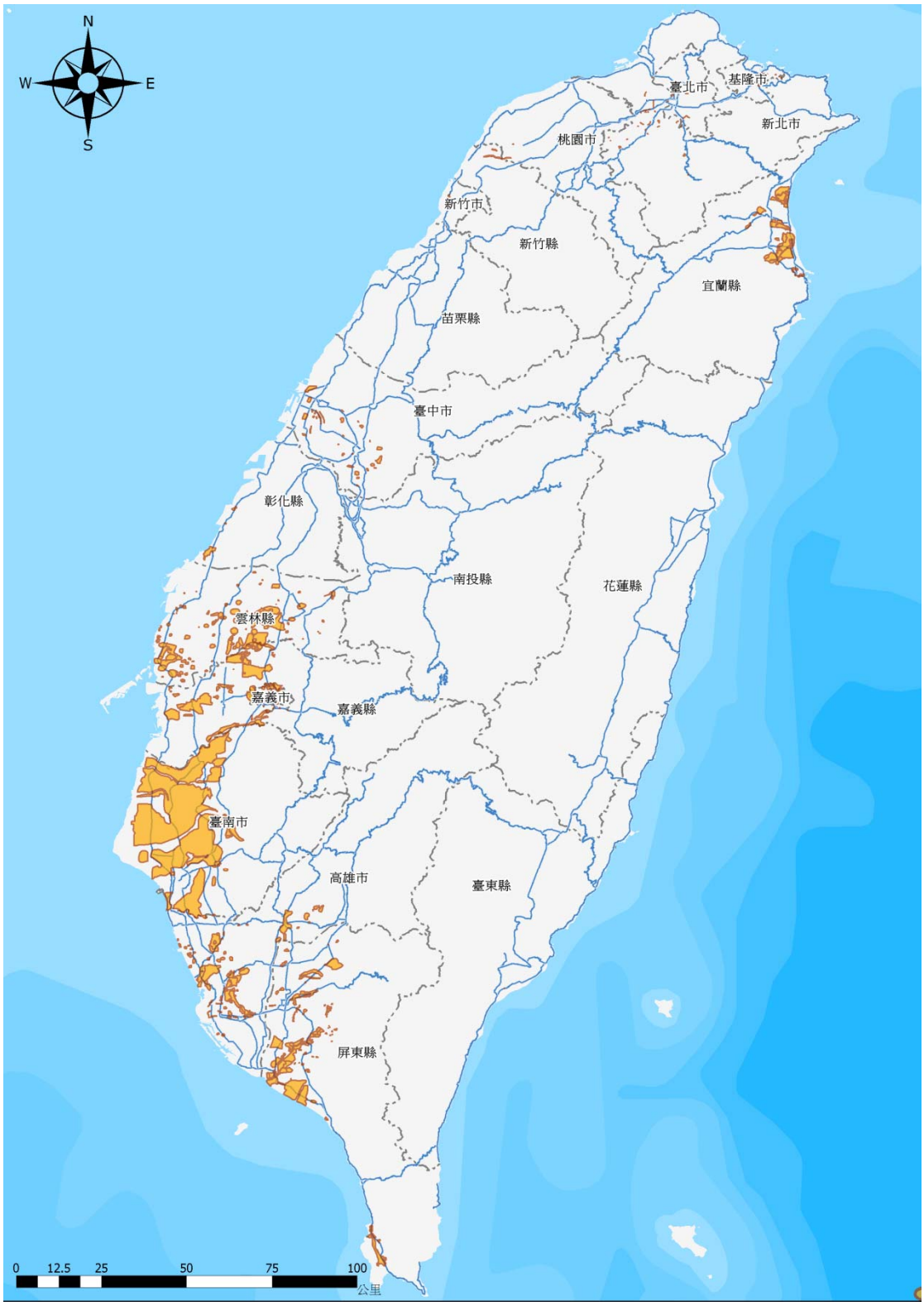
本計畫經過指標調整後，淹水危害度依各單位意見，對於橋梁、高架、隧道之設施型式路段視為危害度低；而對於分級方式，將原 0.3 至 1 公尺之淹水潛勢，從危害度中低調整為中，1 公尺以上視為危害度高。

從省道歷史災點 97 至 104 年資料彙整 20 處淹水路段進行驗證，以淹水危害度情境 3 對照歷史災點路段，在 20 處路段中，16 處路段屬於危害度中以上路段，占 80%。顯示危害度指標調整，將高架等路段視為淹水危害度低，對於鑑別受淹水危害之路段並無影響，反之分級調整則有助於呈現部分地區淹水潛勢並非很高，但已有淹水影響交通正常通行之路段。

表 4.3-4 省道歷史淹水災點與危害度分析

路段	淹水危害度
台 1 線 28K+500~30K+500	3
台 1 線 46K+530	1
台 1 線 139K+700	5
台 1 線 206k+500~208k+500	5
台 1 線 397k+900-398k+150(地下道)	4
台 1 丁線 6K+885~7K+135	5
台 2 線 3k+500	1
台 2 線 135K~136K	5
台 2 線 139K+500~144K+000	5
台 2 線 162K+500~164K+000	3
台 3 線 124k+700~125k+000	1
台 4 線 9K+945	5
台 9 線 197K+500~203K(地下道)	4
台 10 乙線 5k+000~+220	5
台 13 線 56K+900~57+500	1
台 14 乙線 14K+750~800	5
台 17 線 258K+500~262K+500	5
台 17 線 264K+200~600	5
台 17 線 52K~56K+600	5
台 31 線 17K+920	5

資料來源：本計畫彙整。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.3.5 省道 97 至 104 年歷史淹水災點範圍

第五章 擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台

因應風險評估方法之調整、使用需求之回饋與擴充功能，進行資訊平台之精進調整。茲就精進後之資訊平台功能架構、擴充功能、系統維護以及檢測說明如下。

5.1 平台功能與架構

5.1.1 平台功能

鐵公路氣候變遷調適資訊平台分為 6 大功能頁面，彙整內容如圖 5.1.1 所示，各功能說明如下。



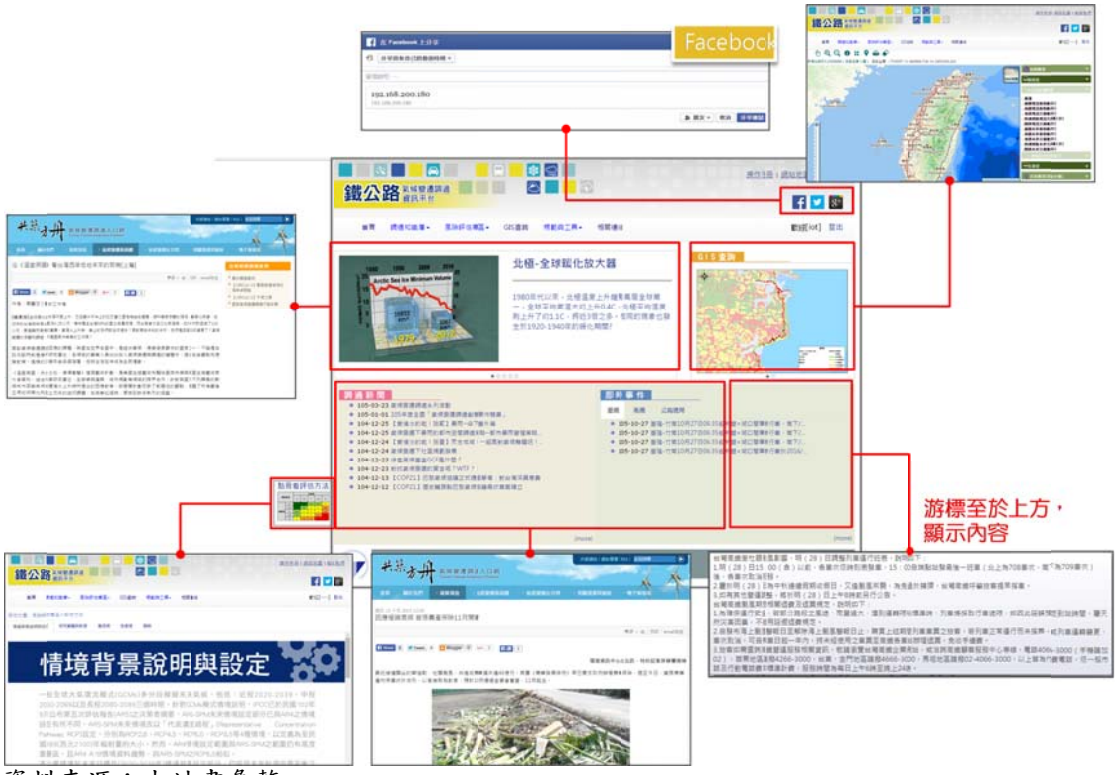
資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.1 氣候變遷調適資訊平台功能

1. 首頁：訊息發布、平台捷徑，如圖 5.1.2。

(1) 專家專欄

引用國發會專家專欄與氣候變遷調適案例，透過動態輪播進行展示，藉由點選圖片、文字或標題，皆可連結至國發會該專欄或案例內容。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.2 「首頁」功能

(2) 調適新聞

介接國發會「共築方舟」，提供國內外新聞、活動訊息等資訊，網頁主要展示最新 10 則，點選該則新聞後，即可連結至國發會新聞網頁內容，以提供使用者閱讀詳細內容，亦可點選「more」連結至國發會展示更多則新聞與活動訊息。

(3) 最新消息

介接 NCDR「災害示警公開資料平台」以開放格式對外提供之示警資料，包含氣象局、水利署、水保局、公路總局、臺鐵局、高鐵公司、NCDR 等單位，各項資料均經發布單位確認後，提供公眾公開、自由加值使用，本研究以鐵公路建設為主，因此示警資訊主要介接公路總局、臺鐵局、高鐵公司，以提供使用者可即時於平台掌握鐵公路最新資訊。

(4) 點我看評估方法

隨時可查詢本研究風險評估之方法，點選後直接連結至「風險評估專區→評估方法」。

(5) 社群網站分享

考量未來平台將開放給一般民眾，預先設定社群網路為資訊交流與分享提供新途徑，使用者透過分享功能，可將氣候變遷調適平台資訊分享於社群網路上。

2. 調適知識庫

可分為政策資訊、地方資訊與交通調適資訊，各頁面提供各單位氣候變遷調適相關資訊與計畫，點選項目內容即可開啟、存取 PDF 檔，如圖 5.1.3 所示，並預留未來整合國發會平台資訊。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.3 「調適知識庫」功能

3. 風險評估專區

以文字與圖片說明辦理緣起、評估方法與風險管理機制，提供使用者容易閱讀各指標評估內容；報告書下載點選項目即可開啟、存取 PDF 檔，如圖 5.1.4 所示。成果查詢則是透過系統別進行條件篩選，可快速查詢各路段或車站評估指標、風險之數值，如圖 5.1.5 所示。

4. GIS 查詢

採用 TGOS MAP API 進行建置，GIS 圖台之基本功能，包含平移、放

大、縮小、查詢、全臺畫面、定位搜尋、列印、清除，利用 GIS Server 發佈之 WMS 套疊指標圖資、成果圖資、相關計畫圖資，成果圖資可進行圖資內容查詢；統計圖資與參考圖資之國土規劃為介接 TGOSMAP API，提供不同參考底圖資套疊，如圖 5.1.6~5.1.8 所示。



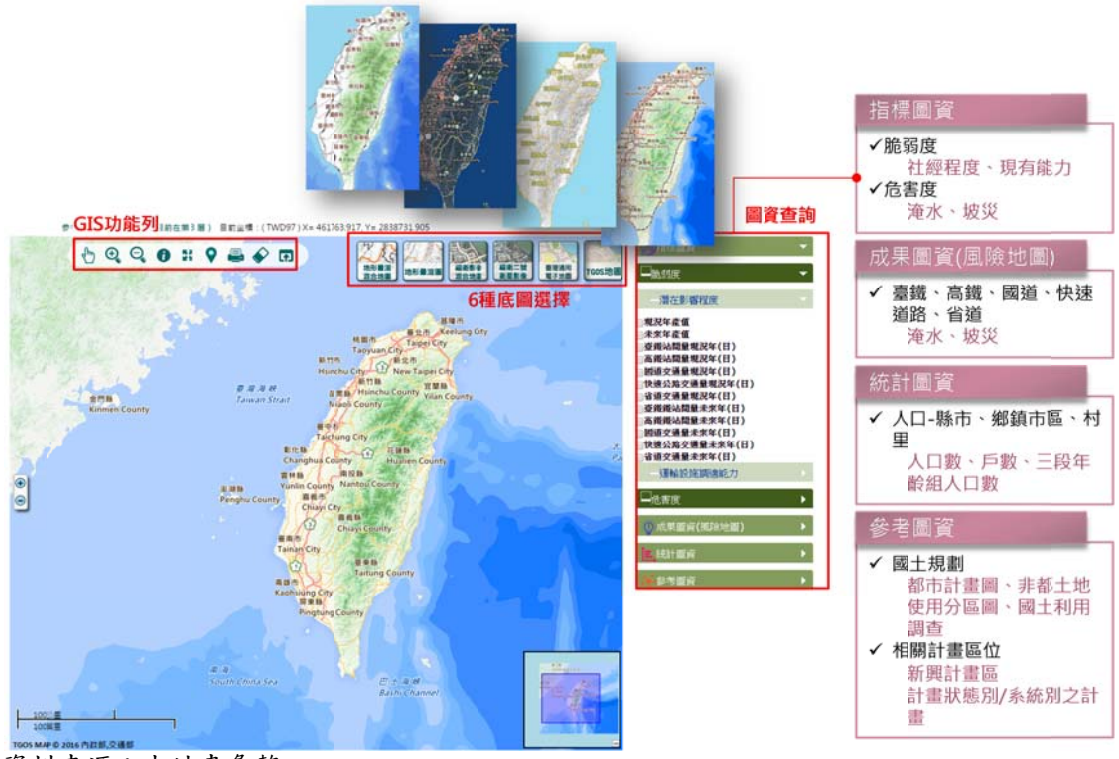
資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.4 「風險評估專區」功能



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.5 「風險評估專區-成果查詢」功能



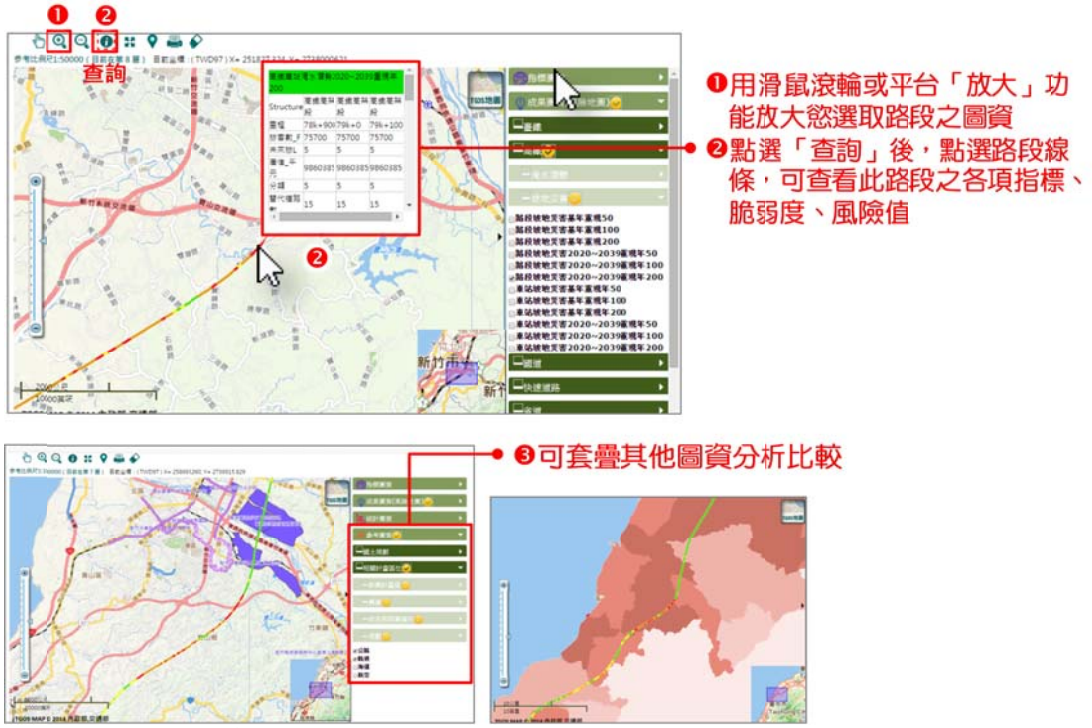
資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.6 「GIS 查詢」功能 1



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.7 「GIS 查詢」功能 2

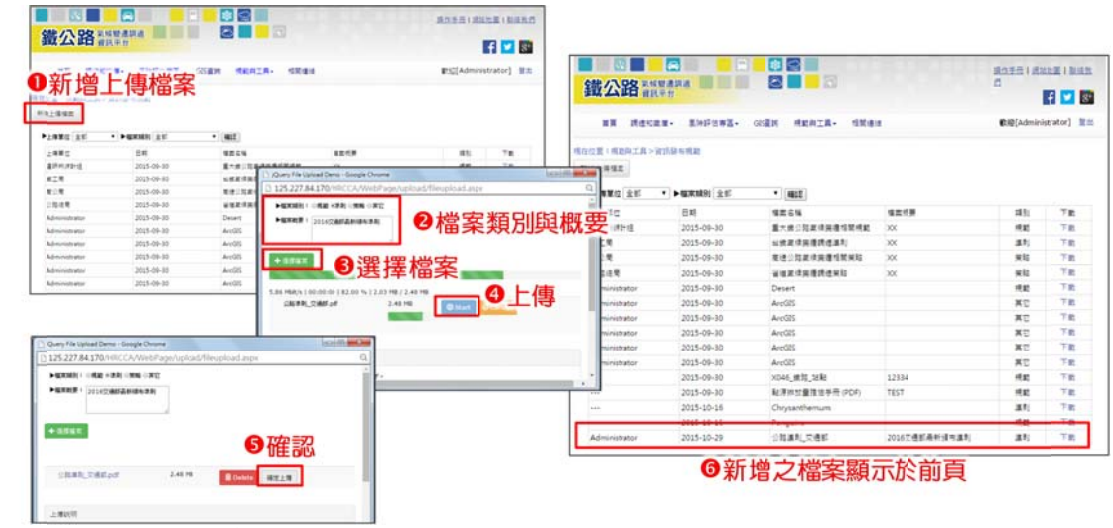


資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.8 「GIS 查詢」功能 3

5. 規範與工具

「資訊發布規範」可上傳與下載相關資料，為資料交流平台，如圖 5.1.9 所示；「調適支援工具」提供工具與操作手冊下載，如圖 5.1.10 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.9 「規範與工具-資訊發布規範」功能



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.10 「規範與工具-調適支援工具」功能

6. 相關連結

提供使用者蒐尋其他單位資訊，透過輪播展示各相關連結之圖片，使用者點選圖片即可另開視窗連結至該網頁，如圖 5.1.11 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.11 「相關連結」功能

5.1.2 資料庫架構

1. 平台與資料庫關聯

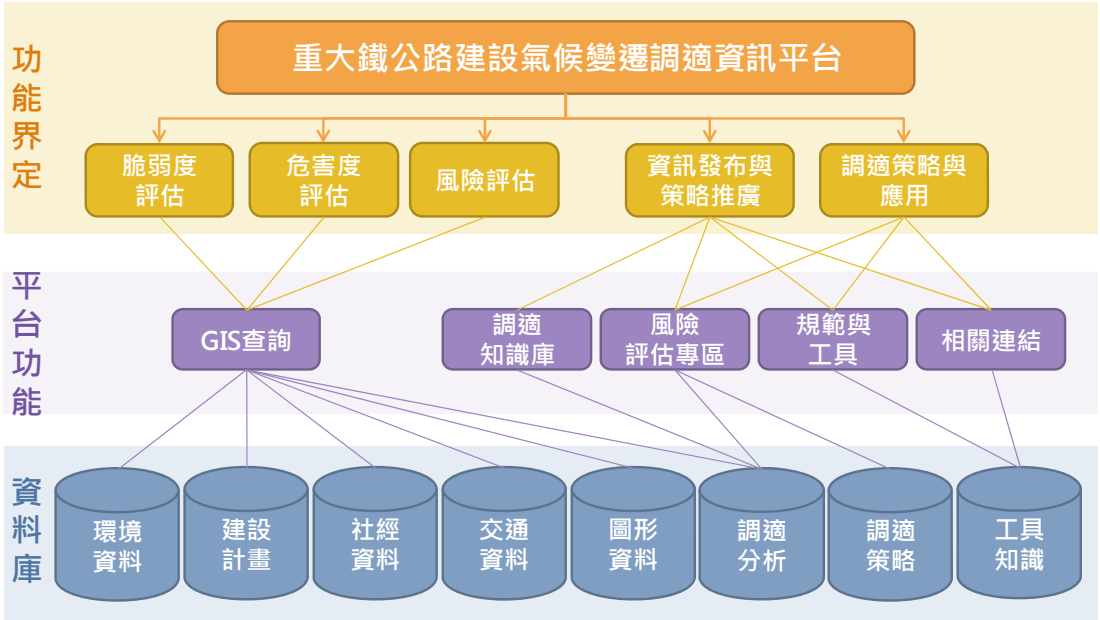
依據資訊平台之需求、功能設計，及資料庫與資料項目之架構，彙整資訊平台 5 大面向、5 大功能、8 大資料庫 3 者之間之關係，如圖 5.1.12 所示，資訊平台的功能需符合需求面向，而資料庫亦需符合資料平台功能所需之資訊。

2. 資料庫應用

本資料庫應用於氣候變遷評估指標展示系統單機版與 Web 平台，且資料庫之間亦互相關連，可互相提供需求資料應用於資料庫，有效運用資源，並有系統地存放於資料庫，方便使用者與各系統使用。

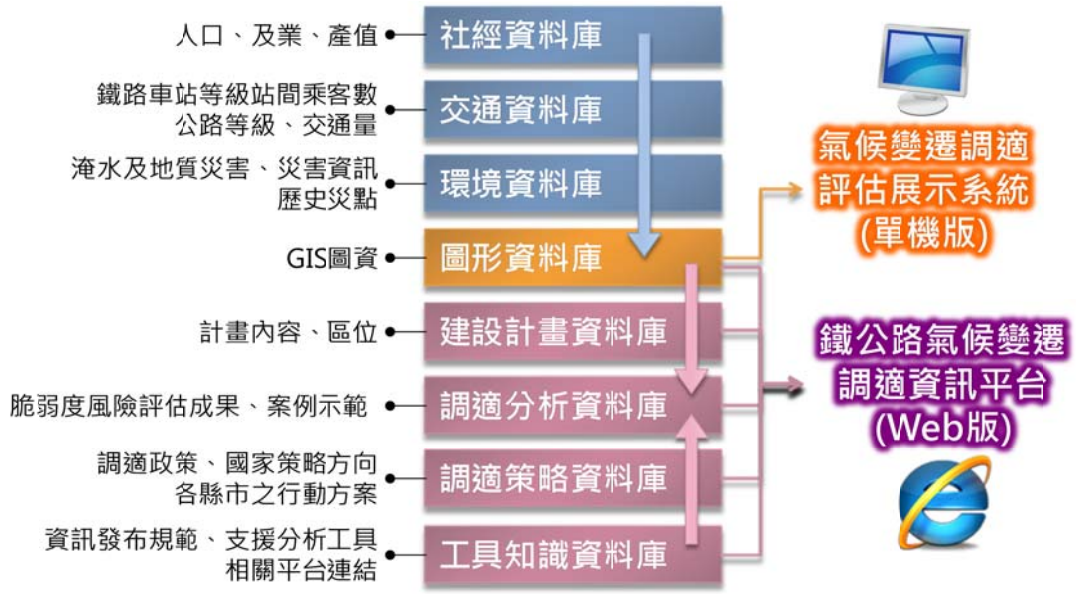
3. 資料庫與資料項目

包含社經、交通、環境、圖形、建設計畫、分析、策略和工具知識資料庫等 8 大資料庫，各資料庫之分類架構為原始資料與基礎資料：原始資料為存放至資料原始單位索取之資料；基礎資料為從原始資料經處理調整為符合資料平台格式之資料。根據資訊平台功能及所需資料，說明如下：



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.12 調適資訊平台之面向、功能、資料庫關聯



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.1.13 資料庫應用

(1) 社經資料庫

存放脆弱度指標中社經影響因子，包含人口、及業、產值，資料來源主要介接「運輸部門決策支援系統(簡稱 TTDSS)」之社經資料庫，項目如表 5.1-1 所示。

(2) 交通資料庫

存放脆弱度指標對於交通影響因子，包含鐵路車站等級、站間乘客數、公路等級、交通量等，資料介接 TTDSS 運輸營運資料庫及運輸諮詢資料庫，項目如表 5.1-2 所示。

(3) 環境資料庫

存放危害度指標影響因子，含淹水坡災潛勢、災害資訊、歷史災點等資訊，以瞭解極端氣候環境資訊，項目如表 5.1-3 所示。

(4) 圖形資料庫

以 GIS 圖資為主，檔案格式為 shp、kml，座標格式以 TWD97，可提供單機版、Web 平台圖層套疊使用，項目如表 5.1-4 所示。

(5) 建設計畫資料庫

交通建設計畫資訊，資訊項目分為臺鐵、高鐵、省道、國道與省道快，各系統包含建設計畫之計畫內容與計畫區位，項目如表 5.1-5 所示。

(6) 調適分析資料庫

資料項目為調適之基本介紹、脆弱度與各風險評估各階段成果及風險管理機制，項目如表 5.1-6 所示。

(7) 調適策略資料庫

包含政府相關單位實施之調適政策、策略資訊及各縣市之行動方案與國家策略方向等資訊，項目如表 5.1-7 所示。

(8) 工具知識庫

國發會「國家氣候變遷調適資訊平台」、「共築方舟—氣候變遷調適入口網站」對外整合資訊平台之資訊發布規範、決策支援工具，以及其他相關資訊平台連結、分析工具等檔案，另包含本研究之氣候變遷評估指標展示系統(單機版)與鐵公路建設氣候變遷調適資訊平台操作手冊，項目如表 5.1-8 所示。

表 5.1-1 社經資料庫項目與處理方法

分類	項目	年期	檔案格式	原始資料來源	蒐集方法
原始資料	社經資料-縣市、鄉鎮市區	80-104、120	xlsx	行政院主計總處 行政院主計總處工商普查 交通部運輸研究所，城際運輸需求模型	運計組 DSS 資料庫索取
	縣市、鄉鎮市區之生產總額	95、100	xlsx	行政院主計總處工商普查	行文索取、自行彙整
基礎資料	縣市、鄉鎮市區之年產值	95、100、120	xlsx	自行彙整	1.原始資料自行彙整 2.未來年及業人口、人口來自城際運輸需求模型之推估。 3.未來年產值為本研究根據城際運輸需求模型之未來年及業人口之推估進行未來年產值轉換。
	縣市、鄉鎮市區之年二、三級及業人口	100、120	xlsx		
	縣市、鄉鎮市區之年人口	100-104、120	xlsx		

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-2 交通資料庫項目與處理方法

分類	項目		年期	檔案格式	原始資料來源	蒐集方法
原始資料	營運概況		90-104 xlsx		交通部各相關單位	運計組 DSS 資料庫索取
	營運運量		90-104、110、120	xlsx	交通部各相關單位	運計組 DSS 資料庫索取
	臺鐵局路線分類、各站營運里程、車站等級之資料		104 xlsx		交通部臺灣鐵路管理局 ・各站營運里程 http://www.railway.gov.tw/tw/cp.aspx?sn=3611 ・運務段、車站 http://www.railway.gov.tw/tw/CP.aspx?sn=16333	網路下載
	重點監控路段資料		- PDF		交通部各相關單位	發文索取
	設施改建年期資料		- -		交通部各相關單位	運計組 DSS 資料庫索取
基礎資料	臺鐵	臺鐵概況(路線長度-全國/各縣市、臺鐵車站數-全國)	100-104	xlsx	自行彙整	自行彙整
		臺鐵分類(路線分類、車站等級)	104			
		臺鐵車站進出人數	100-104			
		臺鐵路線站間量-現況年、未來年(日)	100-104、120			

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-2 交通資料庫項目與處理方法(續)

分類	項目		年期	檔案格式	原始資料來源	蒐集方法
基礎資料	高鐵	高鐵概況(路線長度-全國/各縣市、高鐵車站數-全國)	100-104	xlsx		
		高鐵車站進出人數	100-104			
		高鐵路線站間量-現況年、未來年(日)	100-104、120			
	公路	公路概況(路線長度-全國/各縣市)	100-104	xlsx		
		交通量-現況年、未來年(國道、快速公路、省道)	100-104、120			

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-3 環境資料庫項目與處理方法

分類	項目	年期	檔案格式	原始資料來源	蒐集方法	備註
危害度	淹水潛勢資料	96-99	shp docx	水利署防災資訊服務網 http://fhy.wra.gov.tw/PUB_WEB_2011/Page/Frame_MenuLeft.aspx?sid=27	網路下載 自行彙整	-
	坡地災害資料	-	shp gif docx xlsx	農林航測所行文申請 DTM 圖資	行文索取 自行彙整	山崩潛感 7 項因子(坡度、坡向、地形曲率、地形指數、距離斷層距離、地質、降雨)進行二元迴歸，運算 40*40m 崩塌機率(結合 GIS 與 SPSS 軟體)
歷史災點	淹水潛勢	104 xlsx		NCDR 災害潛勢地圖網站 http://satis.ncdr.nat.gov.tw/Dmap/102download.aspx	網路下載 自行彙整	1.位於淹水潛勢→近五年調查淹水點、近五年調查淹水範圍 2.此資料已彙整各相關單位之資料
	坡地災害	104 xlsx		NCDR 與運研所索取帳號密碼，至 NCDR 災害潛勢地圖網站 http://satis.ncdr.nat.gov.tw/Dmap/102download.aspx	網路下載 自行彙整	1.位於坡地災害潛勢→歷史坡地災害位置 2.此資料已彙整各相關單位之資料
災害資訊	臺鐵	104 xlsx		交通部臺灣鐵路管理局	平台蒐集	每 3 個月至平台蒐集 連結至「最新消息」資料來源之 NCDR 災害示警公開資料平台，設定 1~3 月、4~6 月、7~9 月、10~12 月之消息下載，並儲存於此資料庫中
	高鐵			台灣高速鐵路股分有限公司	平台蒐集	
	公路總局			交通部公路總局	平台蒐集	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-4 圖形資料庫項目與處理方法

分類		項目		年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
基礎圖	行政區	村里		104 shp		內政部 TGOS 平台	網路下載	至運計組 DSS 資料庫索取
		鄉鎮市區		104 shp		內政部 TGOS 平台	自行彙整	
		縣市		104 shp		內政部 TGOS 平台	自行彙整	
	運輸系統與場站	公路	國道	104 shp		交通部「交通路網數值圖」	行文索取 自行彙整	至運計組 DSS 資料庫索取
			省道快速公路					
			省道					
			縣道					
			鄉道					
			產業道路					
			市區快速公路					
			市區道路(路、街)					
			市區道路(巷、弄)					
			有路名但無法歸類					
			無路名					
		軌道運輸	臺鐵					
			臺鐵車站					
			高鐵					
			高鐵車站					
	其他	機場						
		港口						
		地方政府						

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-4 圖形資料庫項目與處理方法(續 1)

分類		項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
評估指標	脆弱度	產值-鄉鎮市區 100	、120	shp	行政院主計總處工商普查	自行彙整	1.至社經資料庫索取資料繪製。 2.根據城際運輸需求模型推估之未來年人口進行未來年產值轉換。
		站間量-臺鐵	104、120	shp	交通部臺鐵鐵路管理局	自行彙整	至交通資料庫索取資料並匯入至臺鐵圖
		進出人數-臺鐵車站					至交通資料庫索取資料並匯入至臺鐵車站圖
		站間量-高鐵			臺鐵高鐵公司	自行彙整	至交通資料庫索取資料並匯入至高鐵圖
		進出人數-高鐵車站					至交通資料庫索取資料並匯入至高鐵車站圖
		交通量-國道			交通部臺鐵區國道高速公路局	自行彙整	至交通資料庫索取資料並匯入至國道圖
		交通量-省道快速公路			交通部公路總局	自行彙整	至交通資料庫索取資料並匯入至省道快速公路圖
		交通量-省道					至交通資料庫索取資料並匯入至省道圖

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-4 圖形資料庫項目與處理方法(續 2)

分類		項目		年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
評估指標	脆弱度	預警應變作為-臺鐵		105 shp		交通部運輸研究所	自行彙整	從交通資料庫索取，彙整為本研究需求之圖檔
		預警應變作為-省道快速公路						
		預警應變作為-省道						
		坡災	設施安全性-臺鐵	105 shp		交通部各相關單位	自行彙整	從交通資料庫索取，彙整為本研究需求之圖檔
			設施安全性-高鐵					
			設施安全性-國道					
			設施安全性-快速公路					
			設施安全性-省道					
		淹水	設施安全性-臺鐵					
			設施安全性-高鐵					
			設施安全性-國道					
			設施安全性-快速公路					
			設施安全性-省道					
	危害度	淹水潛勢圖		96-99 shp		經濟部水利署	自行彙整	從環境資料庫索取，彙整為本研究需求之圖檔
		坡地災害圖			shp	農林航測所行文申請 DTM 圖資	自行彙整	
		淹水潛勢-歷史災點		104 shp		NCDR	自行彙整	
		坡地災害-歷史災點		104 shp		NCDR	自行彙整	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-4 圖形資料庫項目與處理方法(續 3)

分類	項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
成果地圖	臺鐵	104 shp		-	自行彙整	1.產值、日乘客數(現況/未來)、橋梁安全、監測系統、替代道路、脆弱度(現況/未來) 2.危害度-淹水潛勢(現況未來各 50、100、200 重現年) 3.危害度-坡地災害(現況未來各 50、100、200 重現年) 4.風險地圖-淹水潛勢(現況未來各 50、100、200 重現年) 5.風險地圖-坡地災害(現況未來各 50、100、200 重現年)
	臺鐵車站	104 shp		-	自行彙整	
	高鐵	104 shp		-	自行彙整	1.產值、日乘客數(現況/未來)、橋梁安全、監測系統、替代道路、脆弱度(現況/未來) 2.危害度-淹水潛勢(現況未來各 50、100、200 重現年) 3.危害度-坡地災害(現況未來各 50、100、200 重現年) 4.風險地圖-淹水潛勢(現況未來各 50、100、200 重現年) 5.風險地圖-坡地災害(現況未來各 50、100、200 重現年)
	高鐵車站	104 shp		-	自行彙整	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-4 圖形資料庫項目與處理方法(續 4)

分類	項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
成果地圖	國道	104 shp		-	自行彙整	1.產值、日乘客數(現況/未來)、橋梁安全、監測系統、替代道路、脆弱度(現況/未來) 2.危害度-淹水潛勢(現況未來各 50、100、200 重現年) 3.危害度-坡地災害(現況未來各 50、100、200 重現年) 4.風險地圖-淹水潛勢(現況未來各 50、100、200 重現年) 5.風險地圖-坡地災害(現況未來各 50、100、200 重現年)
	省道快速公路	104 shp		-	自行彙整	
	省道	104 shp		-	自行彙整	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-5 建設計畫資料庫項目與處理方法

分類	項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
個案計畫內容表		104 xlsx		交通部各相關單位	自行彙整	至運計組 DSS 計畫資料庫索取，並依運輸系統合併圖資
個案計畫圖	計畫名稱	104 shp		交通部各相關單位	自行彙整	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-6 調適分析資料庫項目與處理方法

分類	項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
緣起		104	docx、jpg	交通部運研所	自行彙整	至於平台之文字，先撰寫於 word 檔中，並透過美工軟體編輯文字與圖平，儲存為 jpg，放置於平台
評估方法		104	docx、jpg	交通部運研所	自行彙整	
風險管理機制		104	docx、jpg	交通部運研所	自行彙整	
報告書	重大鐵公路建設氣候變遷調適策略與脆弱度評估指標之研究	102	pdf、docx、jpg	交通部運研所	行文索取網路下載	
	重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(1/2)	103		交通部運研所		
	重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)	104		交通部運研所		
成果查詢		104	xlsx、docx、jpg	交通部運研所	自行彙整	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-7 調適策略資料庫項目與處理方法

分類		項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法
政策資訊	國家政策	國家氣候變遷調適政策綱領	104	pdf	國家發展委員會 http://www.tcap.ndc.gov.tw/cc-taiwan/policy-and-info/all-categories.html 共築方舟氣候變遷調適入口網>氣候調適在台灣>政府政策與資訊>國家氣候變遷調適政策綱領	網路下載
	行動計畫	國家氣候變遷調適行動計畫(102-106 年)核定本	104	pdf	國家發展委員會 http://www.tcap.ndc.gov.tw/cc-taiwan/policy-and-info/action-plan.html 共築方舟氣候變遷調適入口網>氣候調適在台灣>政府政策與資訊>國家氣候變遷調適行動計畫(102-106 年)核定本	網路下載
		災害領域行動方案(102-106 年)	104	pdf		
		維生基礎設施領域行動方案(102-106 年)	104	pdf		
		水資源領域行動方案(102-106 年)	104	pdf		
		土地使用領域行動方案(102-106 年)	104	pdf		
		海岸領域行動方案(102-106 年)	104	pdf		
		能源供給及產業行動方案(102-106 年)	104	pdf		
		農業生產及生物多樣性領域行動方案(102-106 年)	104	pdf		
		健康領域行動方案(102-106 年)	104	pdf		

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-7 調適策略資料庫項目與處理方法(續 1)

分類		項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法
地方資訊	地方調適指引	地方氣候變遷調適計畫規劃作業指引	104	pdf	國家發展委員會 http://www.tcap.ndc.gov.tw/cc-taiwan/local-action-and-info/guidelines-for-local-adaptation.html	網路下載
	縣市調適計畫	100 年度台北市氣候變遷調適計畫	104	pdf	國家發展委員會 http://www.tcap.ndc.gov.tw/cc-taiwan/local-action-and-info/demonstration-case-of-high-risk-areas.html	網路下載
		100 年度屏東縣氣候變遷調適計畫	104	pdf		
		101 年度基隆市氣候變遷調適計畫	104	pdf	北臺區域發展推動委員會	
		101 年度新竹縣氣候變遷調適計畫	104	pdf	北臺區域發展推動委員會	
		101 年度新竹市氣候變遷調適計畫	105	pdf	北臺區域發展推動委員會	
		101 年度桃園縣氣候變遷調適計畫 PPT	104	pdf	北臺區域發展推動委員會	
		101 年度苗栗縣氣候變遷調適計畫	105	pdf	北臺區域發展推動委員會	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-7 調適策略資料庫項目與處理方法(續 2)

分類		項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法
地方資訊	地方調適指引	102 年度彰化縣氣候變遷調適計畫	104	pdf	中臺區域發展推動委員會	
		102 年度雲林縣氣候變遷調適計畫	104	pdf	中臺區域發展推動委員會	
		103 年度嘉義市氣候變遷調適計畫	105	pdf	-	
		103 年度宜蘭縣氣候變遷調適計畫	104	pdf	北臺區域發展推動委員會	
		104 年度臺南市氣候變遷調適計畫	105	pdf	-	
		104 年度臺中市氣候變遷調適計畫	105	pdf	中臺區域發展推動委員會	
交通調適資訊		國內資訊	104	pdf	-	網路下載
		國外資訊	104	pdf	-	網路下載

資料來源：本計畫彙整。

表 5.1-8 工具知識庫項目與處理方法

分類		項目	年期	檔案格式	原始資料來源	處理方法	備註
資訊發布	上傳	本平台上傳	- -		-	-	-
	下載	交通部相關單位上傳至本平台	- -		-	-	-
支援工具		氣候變遷評估指標展示系統(單機版)	105 -		交通部運研所	行文索取	-
操作手冊		氣候變遷評估指標展示系統(單機版)操作手冊	105	pdf	交通部運研所	行文索取	-
		重大鐵公路建設氣候變遷調適資訊平台操作手冊	105	pdf	交通部運研所	行文索取	-
新聞與訊息		國內新聞	105 -		國家發展委員會	平台蒐集	每 3 個月至平台蒐集 設定 1~3 月、4~6 月、7~9 月、10~12 月之資料下載，並儲存於此資料庫中
		國際新聞	105 -				
		活動訊息	105 -				
相關連結		國內相關網站連結	105	xlsx	-	自行彙整	-
		國外相關網站連結	105	xlsx	-	自行彙整	-

資料來源：本計畫彙整。

5.2 平台功能擴充

因應設施主管單位風險評估需求，及提供指標回饋修改管道，擴充 2 項新功能，包括使用者自選評估指標權重、評估指標資料數值修改。

5.2.1 使用者自選評估指標權重

風險評估方法考量危害度(淹水、坡災潛勢)、暴露度(設施安全性)及脆弱度(潛在影響程度、設施調適能力)等指標，但因部分路段如臺鐵南迴段為例，其設施狀況不佳，且潛在影響程度中之產值與交通量指標較低，容易影響風險評估結果。一般而言，設施建設或改善計畫常區分效率型、公平型 2 類計畫，可於脆弱度指標中之「潛在影響程度」、「設施調適能力」透過權重選擇方式納入考量。

1. 自訂權重功能用途說明

提供查詢選單讓使用者可以自行依決策需求，組合評估指標項目權重，進行風險評估分析，產出風險地圖。

2. 操作介面設計

(1) 新增未來重現年 200 自訂權重圖資選項

原圖台配置對於套疊圖資統一置於右側，考量使用者慣性，在圖層架構下，置於成果圖資之下，新增自訂權重圖資選項，如圖 5.2.1 所示。

(2) 自訂權重選單

在使用者勾選「未來重現年 200 自訂權重」後，跳出權重設定選單，如圖 5.2.1 所示。

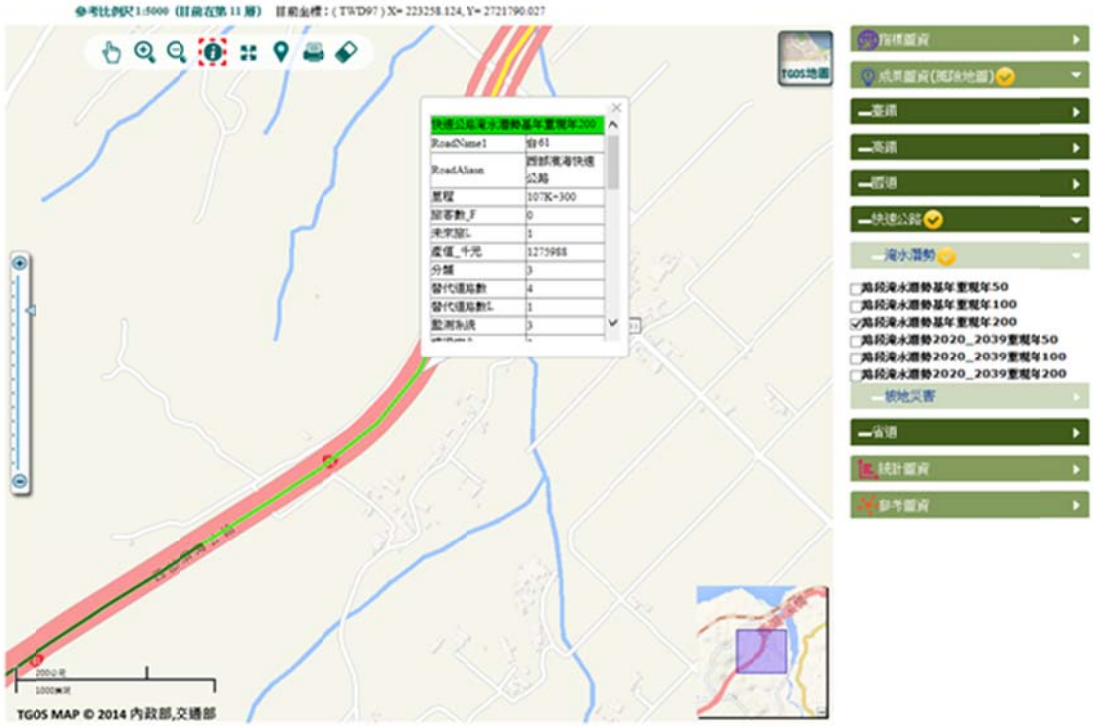
(3) 圖資屬性查詢

搭配原成果圖資，可透過線上查詢路段風險評估屬性之功能，如圖 5.2.2 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.2.1 「新增自訂權重選項」與「自訂權重選單」功能



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.2.2 「圖資屬性查詢」功能

3. 操作流程

依使用者操作流程說明：

(1) 勾選未來重現年 200 自訂權重。

(2) 跳出自訂權重選單。

(3) 選擇所查詢運輸系統、風險別、各指標權重高低設定。

(4) 點選執行套疊對應圖資，如已套疊其他圖資不需清除。

(5) 可點選上方 i 圖樣，再點選路段，帶出該路段屬性。

(6) 取消勾選未來重現年 200 自訂權重時清除圖資，重回步驟 1 再次勾選，套疊其他圖資。

4. 資料屬性設計

(1) 權重組合

透過 6 月份推廣會與工作會議討論，確認權重組合提供 5 個選項，彙整於表 5.2-1。

表 5.2-1 自選權重選項組合

項目	潛在 影響程度	設施 調適能力	說明
組合 1	有(1)	無(0)	單獨評估潛在影響程度
組合 2	高(0.75)	低(0.25)	較重視潛在影響程度
組合 3	中(0.5)	中(0.5)	相同重要同原風險評估權重配比
組合 4	低(0.25)	高(0.75)	較重視設施調適能力
組合 5	無(0)	有(1)	單獨評估設施調適能力

資料來源：本計畫彙整。

(2) 圖資規則

考量顯示效能，採用預產圖處理方式，依各組合及運輸系統(國道、快速公路、省道、臺鐵、臺鐵車站、高鐵、高鐵車站)發布 wms。

(3) 資料表規則

提供屬性查詢使用，參照原運輸系統風險空間資料庫表單及欄位，新增表單名稱加上_WEIGHTS，建立存放自選權重之新資料表，並考量各路段會有 5 種組合之資料重疊問題，故新增 WEIGHTSID 欄位，以組合類別建立代碼，提供程式對照所用。

5.2.2 評估指標資料數值修改功能

1. 指標資料數值修改功能用途說明

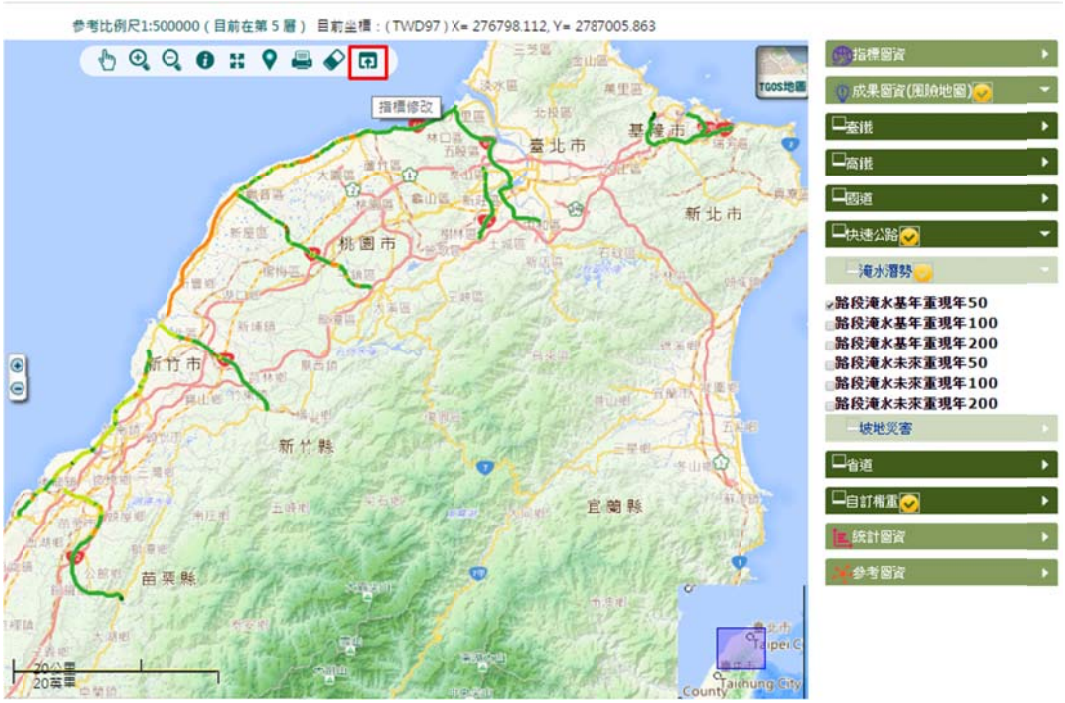
提供設施主管機關對於平台風險指標之意見回饋管道。

2. 介面(畫面)構想

依原圖台設計架構，對於圖台操作之工具列至於圖台上方，新增指標修改圖樣方式進行設計，並新增輸入及結果畫面。

(1) 新增指標修改圖示

在圖台上方功能列中增加 圖樣按鈕，如圖 5.2.3 所示。



資料來源：本計畫彙整。

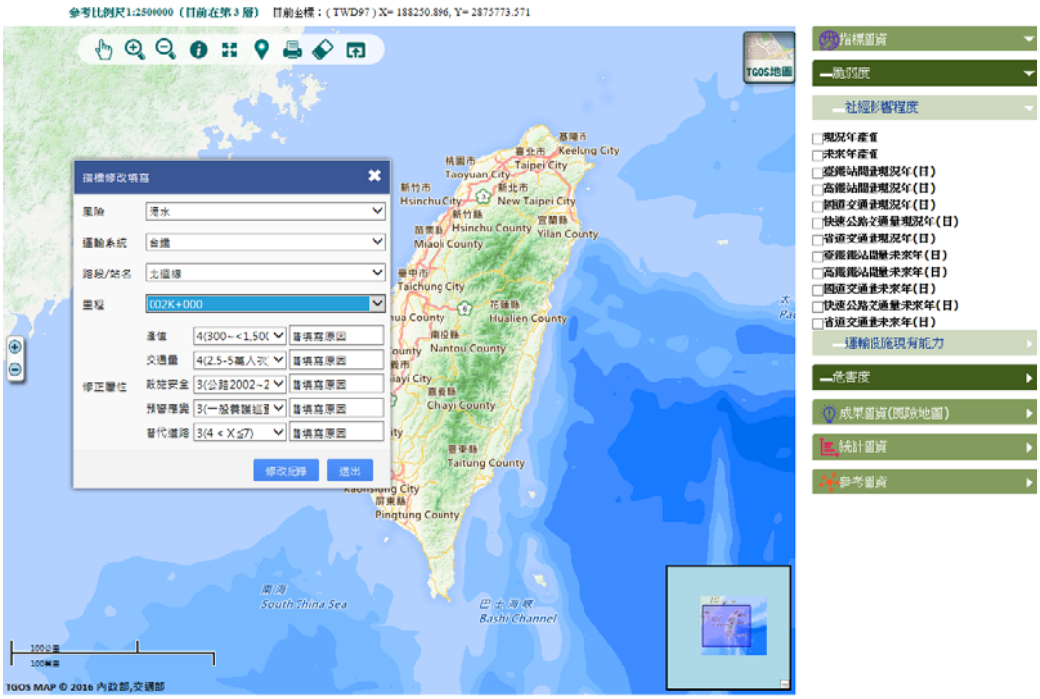
圖 5.2.3 「新增指標修改圖示」介面示意圖

(2) 指標修改填寫

點選指標修改圖示後，跳出指標修改填寫選單，如圖 5.2.4 所示。

(3) 指標修改記錄

使用者點選修改記錄或送出後，跳出指標修改記錄，如圖 5.2.5 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.2.4 「指標修改填寫」介面示意圖



修改單位	路段/站名	里程	產值	交通量	淹水-設施安全	坡災-設施安全	淹水-監測	坡災-監測	替代道路	說明	填寫時間
交通部鐵路改建工程局	二結車站	無	3	4	2	3	3	3	5	234	105-11-08T20:31:33
交通部運輸研究所綜合技術組	中央銀行車站	無	1	2	3	3	3	3	2	2	105-11-08T20:22:46
交通部運輸研究所綜合技術組	九曲堂車站	無	2	3	3	2	3	3	3	12	105-11-08T20:22:30
交通部鐵路改建工程局	大甲車站	無	4	2	2	2	3	3	4	111222333	105-11-08T20:21:57
交通部鐵路改建工程局	大山車站	無	2	2	1	2	3	3	4	林思傳	105-11-08T20:19:03
			3	2	1	2	3	4	4	123	105-11-08T20:16:10
			3	2	3	2	3	3	4	333	105-11-08T20:15:41
交通部鐵路改建工程局	大林車站	無	3	3	4	2	3	4	5	22	105-11-08T20:15:17
交通部臺鐵鐵路管理局	大安車站	無	1	3	3	3	3	3	2	555	105-11-

資料來源：本計畫彙整。

圖 5.2.5 「指標修改記錄」介面示意圖

3. 操作流程

依使用者操作流程說明：

(1) 點選指標修改圖示

(2) 選擇要修改的風險類型

(3) 選擇要修改的運輸系統

(4) 系統依所選運輸系統帶出下拉選單選項，選擇要修改路段

(5) 系統依所選路段帶出下拉選單選項，選擇修改里程

(6) 系統依所選里程帶出下拉選單選項，系統依選擇修正屬性

(7) 使用者調整要修改的指標值，並填寫修改說明

(8) 點選送出

(9) 跳出修改記錄

4. 資料屬性設計

搭配評估指標資料數值修改功能進行之設計，包括下拉選單選項及新增修改記錄表單，茲說明如下：

(1) 下拉選單設計

依照氣候變遷風險評估方法對於各指標之級距設計說明如下。

①風險：具有 2 選項分別為淹水、坡災。

②運輸系統：具有 7 選項分別為省道快速公路、省道、國道、臺鐵、臺鐵車站、高鐵、高鐵車站。

③路段/站名：依使用者所選運輸系統別，帶出資料庫中該系統別所具有之路段/站名。

④里程：依使用者所選運輸系統別、路段，帶出資料庫中該系統別所具有之里程分段。

⑤產值：依使用者所選運輸系統別、路段/站名、里程，帶出「產值」原值供使用者判斷，分級選項為如表 5.2-2

⑥交通量：依使用者所選運輸系統別、路段/站名、里程，帶出「交通量」原值供使用者判斷，分級選項依系統別區隔，如表 5.2-3、5.2-4 所示。

⑦設施安全：依坡災與淹水潛勢進行安全性檢討，依使用者所選運輸系統別、路段/站名、里程，帶出「設施安全」原值供使用者判斷，分級選項如表 5.2-5 所示。

表 5.2-2 產值選項表

等級	產值
5	5(>=1,500 億元)
4	4(300~<1,500 億元)
3	3(55~<300 億元)
2	2(10~<55 億元)
1	1(0~<10 億元)

資料來源：本計畫彙整。

表 5.2-3 交通量選項表(鐵路)

等級	高鐵/高鐵車站 站間日搭乘人數	臺鐵/臺鐵車站 站間日搭乘人數
5	5(7 萬人次以上) 5	(5 萬以上人次)
4	4(5-7 萬人次) 4(2.	5 萬-5 萬人次)
3	3(3-5 萬人次) 3(1.	5 萬-2.5 萬人次)
2	2(1-3 萬人次) 2	(5 千-1.5 萬人次)
1	1(1 萬人次以下) 1	(5 千人次以下)

資料來源：本計畫彙整。

表 5.2-4 交通量選項表(公路)

等級	國道日交通量 (PCU)	快速公路日交通量 (PCU)	省道日交通量 (PCU)
5	5(20 萬 PCU 以上) 5	(20 萬 PCU 以上) 5	(20 萬 PCU 以上)
4	4(10-20 萬 PCU) 4(10-20	萬 PCU) 4(5-	20 萬 PCU)
3	3(5-10 萬 PCU) 3(5-	10 萬 PCU) 3(2-	5 萬 PCU)
2	2(2-5 萬 PCU) 2(2-	5 萬 PCU) 2(1-	2 萬 PCU)
1	1(2 萬 PCU 以下) 1	(2 萬 PCU 以下) 1	(1 萬 PCU 以下)

資料來源：本計畫彙整。

表 5.2-5 設施安全選項表

等級	坡災	淹水_公路	淹水_鐵路
5	5(無邊坡、無分級)	5(2021 年後) 5(2021	年後)
4	4(D 安全)	4(2010-2020 年) 4(2007-	2020 年)
3	3(C 較安全)	3(2002-2009 年)	3(1982-2006)
2	2(B 稍微危險)	2(1988-2001 年) 2(1961-	1981 年)
1	1(A 危險)	1(1987 年前) 1(1960	年前)

資料來源：本計畫彙整。

⑧預警應變作為：依使用者所選運輸系統別、路段/站名、里程，帶出「預警應變作為」原值供使用者判斷，下拉選單具有 3 選項，根據其防災管理作為共分為 3(一般養護巡查/未設定行動值)、4(重點監控/有設定行動值)、5(主動通報民眾)。

⑨替代道路數：依使用者所選運輸系統別、路段/站名、里程，帶出「替代道路數」原值供使用者判斷，分級選項依系統別區隔，如表 5.2-6 所示。

表 5.2-6 替代道路數選項表

等級	高鐵	臺鐵	國道及快速公路	省道
5	5(>13)	5(>10)	5(>8)	5(>8)
4	4(10<X≦13)	4(7< X≦10)	4(5< X≦8)	4(5< X≦8)
3	3(8<X≦10)	3(4< X≦7)	3(3< X≦5)	3(3< X≦5)
2	2(5<X≦8)	2(2< X≦4)	2(1< X≦3)	2(1< X≦3)
1	1(≦5)	1(≦2)	1(≦1)	1(≦1)

資料來源：本計畫彙整。

(2) 修改記錄資料庫表單

針對儲存使用者指標修改記錄所新增表單命名為 INDEX_MODIFY_RECORDS，表單欄位說明如表 5.2-7。

表 5.2-7 修改記錄表

項次	欄位名稱	說明
1	ENTERPRISEID	企業代碼
2	USERID	使用者代碼
3	System	系統別
4	RoadName	道路名稱
5	MILEAGE_K	里程(起點)
6	V_Se_ProLv	產值(級分)
7	V_Se_BtLv	交通量(級分)
8	V_Ab_BrLv	設施安全(級分)
9	V_Cap_MtLv	監測(級分)
10	V_Ab_SrLv	替代道路數(級分)
11	EX PLAIN	說明
12	CR EATED_DATE	建立日期
13	CR EATED_BY	建立者(第一次修改該路段者)
14	LAST_UPDATED_DATE	最後更新日期
15	LA ST_UPDATED_BY	最後更新者(最後修改該路段者)

資料來源：本計畫彙整。

5.3 系統維運

本計畫針對系統維運辦理之工作，說明如下：

1. 網站登入頁面更新

針對網站首頁重新進行美編，以鐵公路及氣候變遷元素進行構思，完成畫面如圖 5.3.1。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.1 系統登入

2 調整 RSS

平台首頁相關新聞與即時資訊，採介接國發會「共築方舟」和國家災害防救科技中心「災害示警公開資料平台」，以呈現氣候變遷及鐵公路主管單位所發布災害資訊。

104 年國發會「共築方舟」所發布之 RSS 可分為國內新聞、國際新聞、活動訊息，但 105 年調整將三者資訊合併為單一 RSS，由於介接資訊無法詳細區分，因此將原平台配置於「共築方舟」占 3/4，「災害示警公開資料平台」占 1/4 之配置，調整為均分，並調整名稱分別為調適新聞和即時事件，成果如圖 5.3.4。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.2 平台 RSS 介接顯示

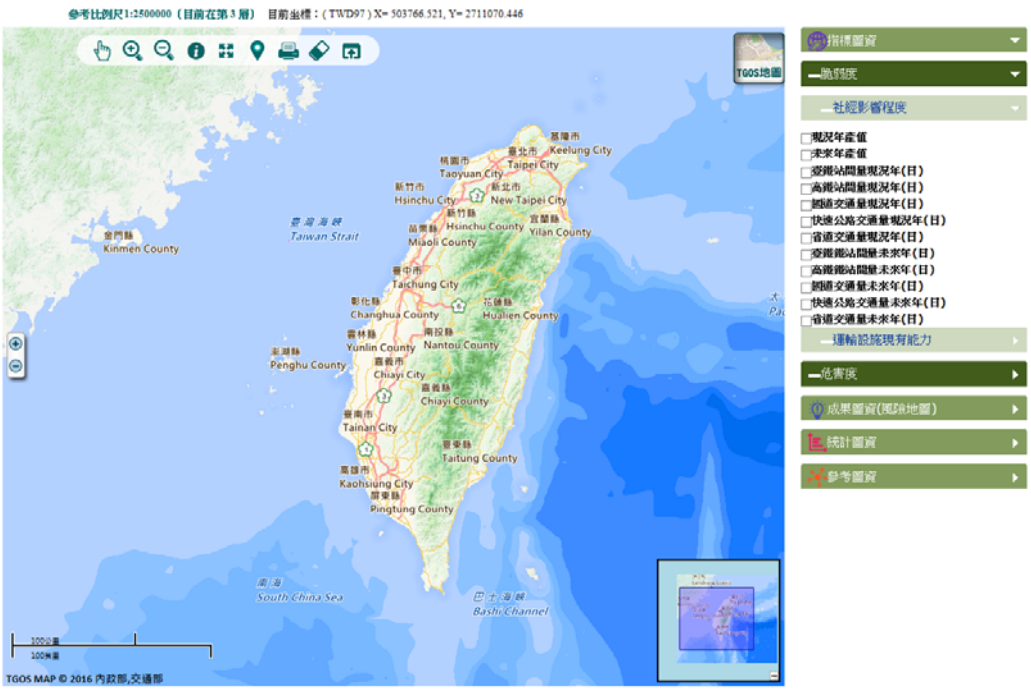
3. GIS 查詢圖台版面調整

為回應使用者對於圖台版面大小之意見，重新針對 GIS 查詢圖台版面進行調整，將原本平台上下版面移除，以提供圖台更大操作介面，調整前後如圖 5.3.3 和 5.3.4 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.3 圖台版面調整說明



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.4 圖台版面調整成果

4. GIS 查詢成果圖資展示顏色調整

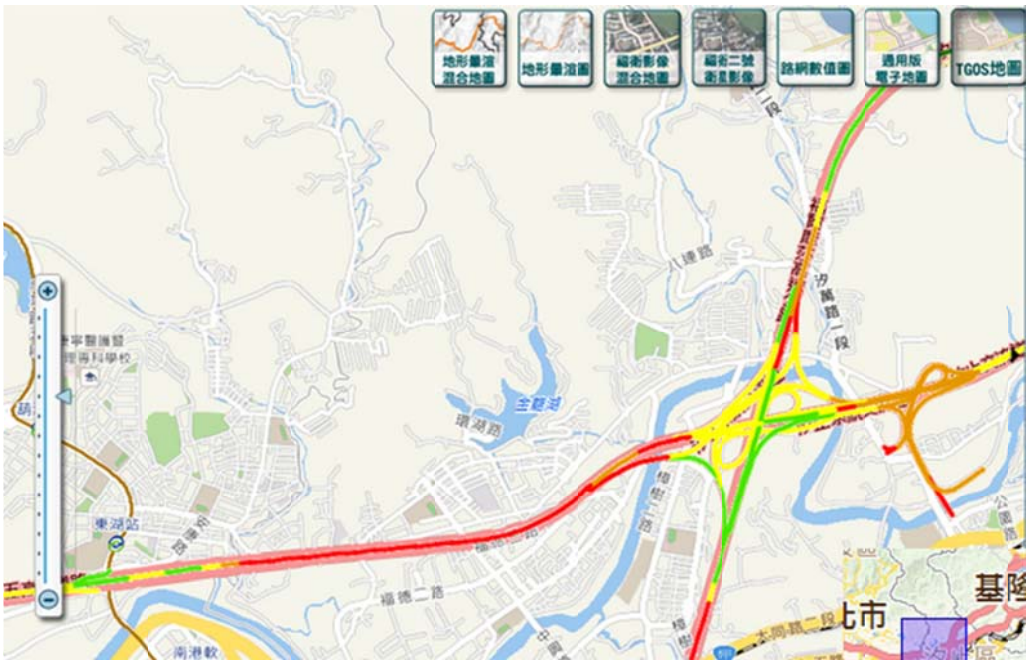
圖台採介接 TGOS MAP API，其圖台底圖於省道部分採黃色進行呈現，加上調適成果圖資色彩與底圖顏色接近，使用者不易進行區分與辨識，故本年度調整成果圖資之展示顏色，調整前後如圖 5.3.5 與圖 5.3.6 所示。

5. GIS 查詢成果圖資線形調整

本計畫底圖透過 TGOS 介接通用版電子地圖，套疊之 WMS 則為風險地圖產製時所引用路網數值圖，兩者圖資來源不同，會使得部分路線線形出現部分差異，因此，本計畫配合圖資重新切割與指標重新計算，針對差異路段進行調整，調整前後之成果如圖 5.3.7 所示。106 年起路網數值圖將與通用版地圖合併，後續將不會有 2 套不同線型之情形。

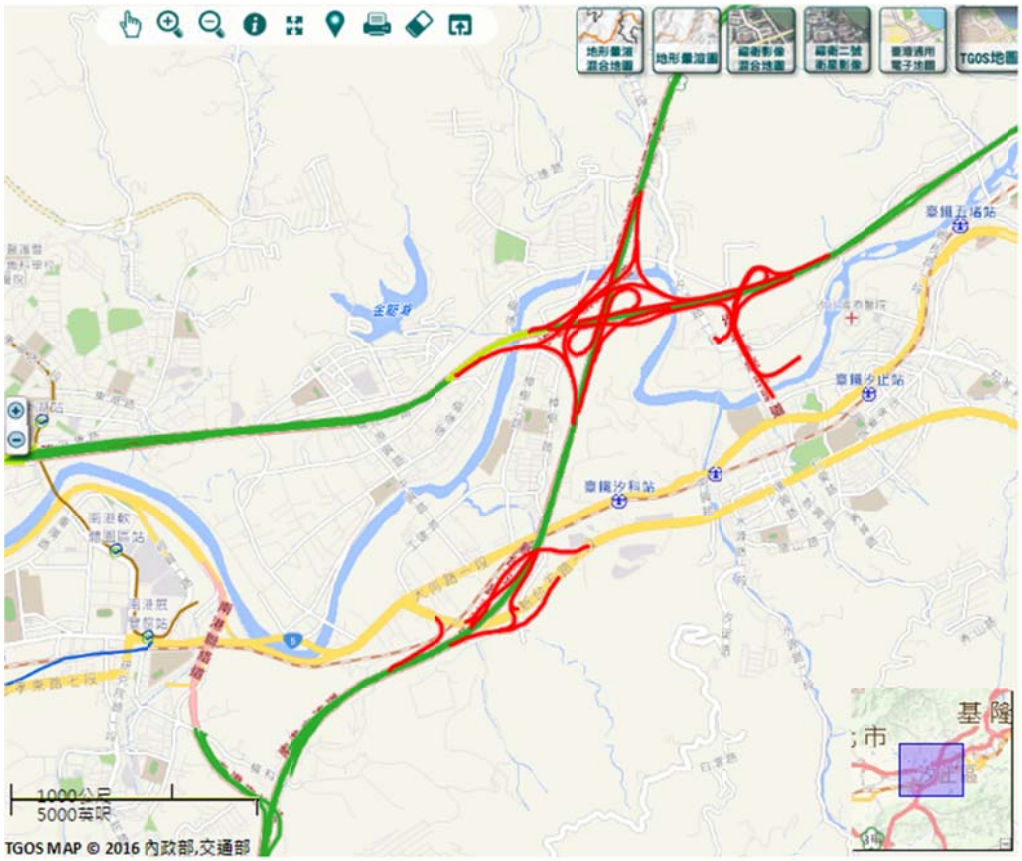
6. 時間格式調整

因應國家發展委員會 104 年 8 月 4 日「政府網站建置及營運作業參考指引」對於資料日期之基本要求，中文版網頁公告日期採民國年格式，即 YYY-MM-DD，配合調整原平台中各項時間格式，包含頁尾、RSS、檔案下載畫面，如圖 5.3.8 與圖 5.3.9 所示。



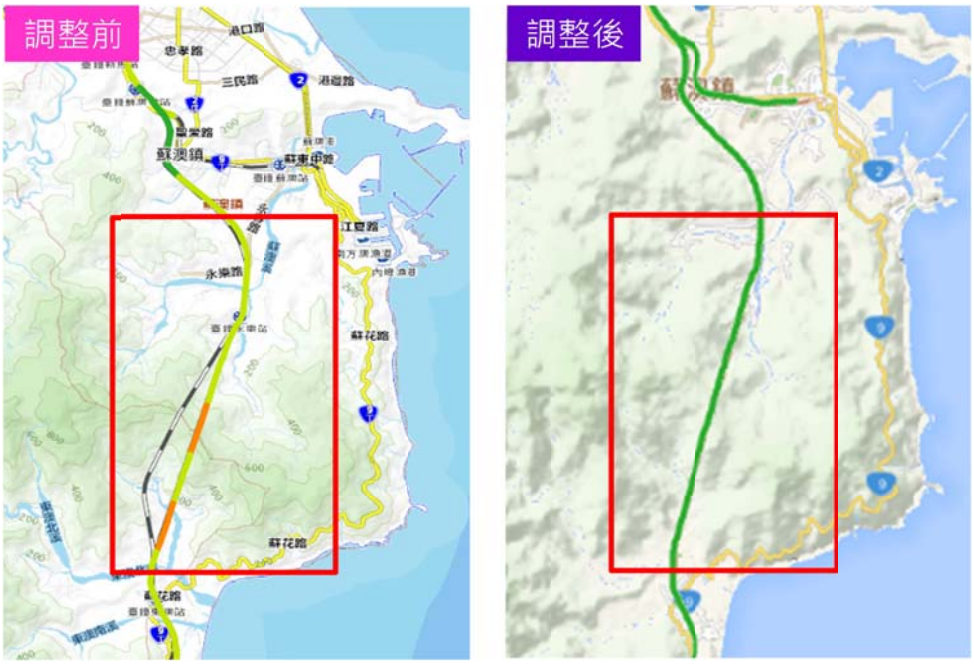
資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.5 圖台展示顏色調整前



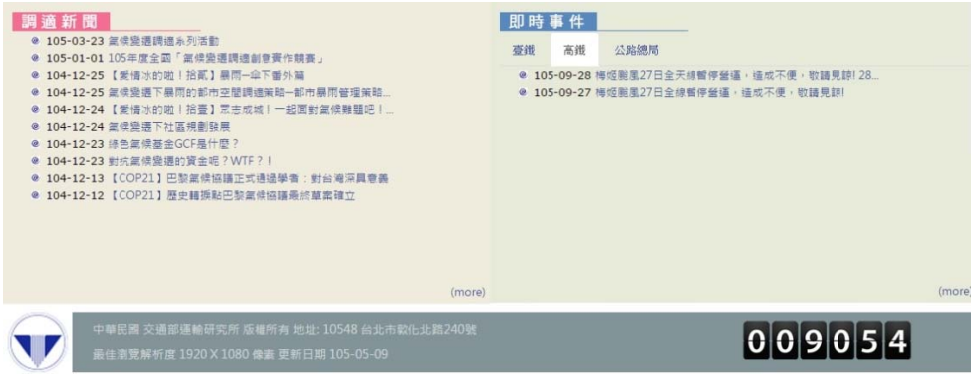
資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.6 圖台展示顏色調整後成果



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.7 圖台展示線形調整前後成果



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.8 RSS 與頁尾更新日期時間格式調整



上傳單位	日期	檔案名稱
交通部運輸研究所綜合技術組	105-11-08	重大鐵公路氣候與運相關規範
交通部鐵路改建工程局	105-11-08	台鐵氣候與運調適準則
交通部國道高速公路局	105-11-08	高速公路氣候與運相關策略
交通部公路總局	105-11-08	省道氣候與運調適策略

資料來源：本計畫彙整。

圖 5.3.9 檔案上傳時間格式調整

7. 相關連結調整

本計畫重新檢視氣候調適之相關連結，因部分網站已移除或變更，重新調整如表 5.3-1 所示。

表 5.3-1 相關連結調整對照表

站名	網址	處理
荷蘭氣候變遷調適	http://www.klimaatportaal.nl/pro1/general/home.asp	移除
荷蘭空間適應計畫	http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/en	替代荷蘭氣候變遷調適
愛沙尼亞氣候變遷調適	http://www.envir.ee/et/1180211/	移除
美國環保署氣候變遷	https://www3.epa.gov/climatechange	替代愛沙尼亞氣候變遷調適
臺灣氣候變遷推估與資訊(TCCIP)	http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/index.aspx	更新網址
氣候變遷研究聯盟	http://cclics.rcec.sinica.edu.tw	更新網址
環保署氣候變遷調適資訊	http://water.sinotech-eng.com	移除
環保署環境通訊網氣候變遷專頁	http://enw.e-info.org.tw/climate_change	替代環保署氣候變遷調適資訊
氣候變遷調適教育課程教材與學習	http://140.134.48.19/	更新網址

資料來源：本計畫彙整。

8. 站台移轉時程安排

平台所使用之伺服器於 12 月配合所內進行站台移轉，在所內資源共享前提下，將併同本所運計組 TTDSS 平台共用雲端伺服器環境，利於軟體資源之共享。

5.4 系統檢測

5.4.1 系統效率檢測與安全機制

1. 系統效率檢測

本計畫採用 google 提供的開發者工具(Developer Tool)，此軟體是一套網頁數據分析工具，詳細的紀綠網頁上每個元件從載入到回應的時間、檔案類型以及連線狀態，程式撰寫人員也可依據此分析來調節優化網頁，其

測試結果與測試分析如下：

(1) 測試結果

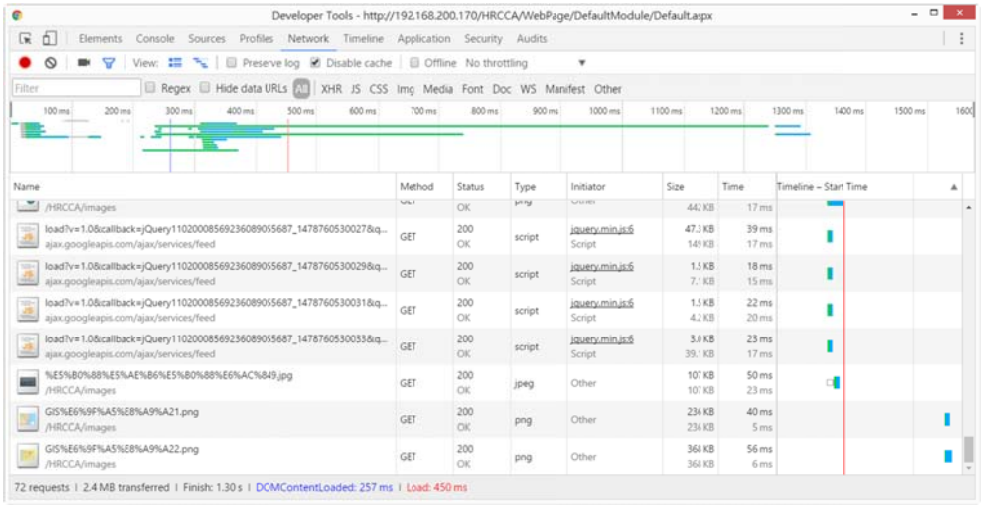
表 5.4-1 系統效率檢測清單

模組名稱	頁面名稱	回應秒數
首頁	首頁	1.09
調適知識庫	政策資訊	0.75
	地方資訊	0.74
	交通調適資訊	0.74
風險評估專區	緣起	0.54
	評估方法	0.85
	風險管理機制	0.57
	報告書下載	0.51
	成果查詢	0.59
GIS 查詢	GIS 查詢	2.19
規範與工具	資訊發布規範	1.06
	調適支援工具	0.58
相關連結	相關連結	1.03

資料來源：本計畫彙整。

(2) 測試結果分析

針對本系統的每個網頁所做的效能測試，資料量較少的查詢頁面如調適知識庫、風險評估專區，回應秒數均在 1 秒內完成，而首頁、規範與工具、相關連結的查詢頁面，回應的秒數均在 1.1 秒內完成，GIS 查詢因需載入圖台，載入元件量較多，回應的秒數大約在 2.2 秒內可以完成，符合一般網站效能標準，整體網頁呈現速度暫無需要調校。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.4.1 系統效率檢測畫面

2. 系統安全機制

本系統之更新、防毒軟體、防火牆、弱點掃描和壓力測試作法如下：

(1) 系統更新

作業系統與應用程式漏洞一直是駭客喜愛攻擊的弱點之一，而微軟的系統更新機制可提升 Windows 的可靠性、安全性及系統改良，執行機制可採取自動或手動完成安全性更新。

(2) 防毒軟體

安裝防毒軟體為基礎系統安全防護，於系統開發者電腦及伺服器裝設防毒軟體，並定期掃毒，欲更新至伺服器中的檔案亦透過防毒軟體掃描確認後，方能上傳，可避免有毒的文件污染整個環境。

(3) 防火牆

避免伺服器完全暴露在網路環境下，故透過防火牆設定，只開放特定埠號或 IP 連結，以隔離不信任的網路。

(4) 弱點掃描工具

本計劃採用 paros 來做為弱點掃描的工具，此軟體是用於掃描網頁程式漏洞的自動化工具，以代理伺服器的形式，介於瀏覽器與待測網站之間，攔截雙方 HTTP 通訊協定，並從中注入相關的測試封包，以完成網站的安全檢查並提供解決方案，供程式人員針對掃描出的報告去修正網站的資安漏洞。

①測試結果

表 5.4-2 paros 檢測結果

風險等級	風險數目	風險描述
高	0	
中	0	
低	1	Private IP such as 10.x.x.x, 172.x.x.x, 192.168.x.x is found in the HTTP response body. This can be used in exploits on internal system.

資料來源：本計畫彙整。



Paros Scanning Report

Report generated at Thu, 10 Nov 2016 14:37:45

Summary of Alerts

Risk Level	Number of Alerts
High	0
Medium	0
Low	1
Informational	0

Alert Detail

Low (Warning)	Private IP disclosure
Description	Private IP such as 10.x.x.x, 172.x.x.x, 192.168.x.x is found in the HTTP response body. This can be used in exploits on internal system.
URL	http://192.168.200.170/HRCCA/WebService/WebServiceBroker.asmx?op=HelloWorld
Other information	192.168.200.170
URL	http://192.168.200.170/HRCCA/WebService/WebServiceBroker.asmx?op=HelloWorld
Other information	192.168.200.170
URL	http://192.168.200.170/HRCCA/WebService/WebServiceBroker.asmx?op=HelloWorld
Other information	192.168.200.170
URL	http://192.168.200.170/HRCCA/WebService/WebServiceBroker.asmx?op=HelloWorld
Other information	192.168.200.170
URL	http://192.168.200.170/HRCCA/WebService/WebServiceBroker.asmx?WSDL
Other information	192.168.200.170
URL	http://192.168.200.170/HRCCA/WebService/WebServiceBroker.asmx?op=HelloWorld
Other information	192.168.200.170

資料來源：本計畫彙整。

圖 5.4.2 資安檢測畫面

②測試結果分析

本系統經由 paros 檢測出來的結果高風險以及中風險均為 0，但存在著 1 個低風險，發生的原因主要是系統測試環境為內部，若測試的IP為內部IP則會發生此風險，並不會實際危害到資訊安全，系統正式上線移機到中華電信就無此問題。

(5) 壓力測試

採用 jmeter 來做為伺服器端效能與壓力測試的工具，測試的方法是依預期使用系統最高人數訂出測試目標後，以錄製腳本的方式來模擬出一段時間內 N 個使用者操作該系統，藉此測出在負載較重的情況下，系統是否能夠正常運行且不出錯誤，免於正式上線後使用人數超出伺服器端所能負荷進而癱瘓整個系統

①測試結果

表 5.4-3 jmeter 平台各模組壓力測試結果

測試功能	測試人數	測試時間(分)	平均響應時間(秒)	最小響應時間(秒)	最大響應時間(秒)	錯誤率(%)
首頁	10	10	0.007	0.002	0.018	0.00%
	50	10	0.009	0.001	0.111	0.00%
	100	10	0.008	0.001	0.089	0.00%
調適知識庫	10	10	0.055	0.004	0.245	0.00%
	50	10	0.063	0.005	0.529	0.00%
	100	10	0.048	0.004	0.276	0.00%
風險評估專區	10	10	0.007	0.005	0.011	0.00%
	50	10	0.009	0.004	0.112	0.00%
	100	10	0.007	0.004	0.076	0.00%

資料來源：本計畫彙整。

表 5.4-3 jmeter 平台各模組壓力測試結果(續)

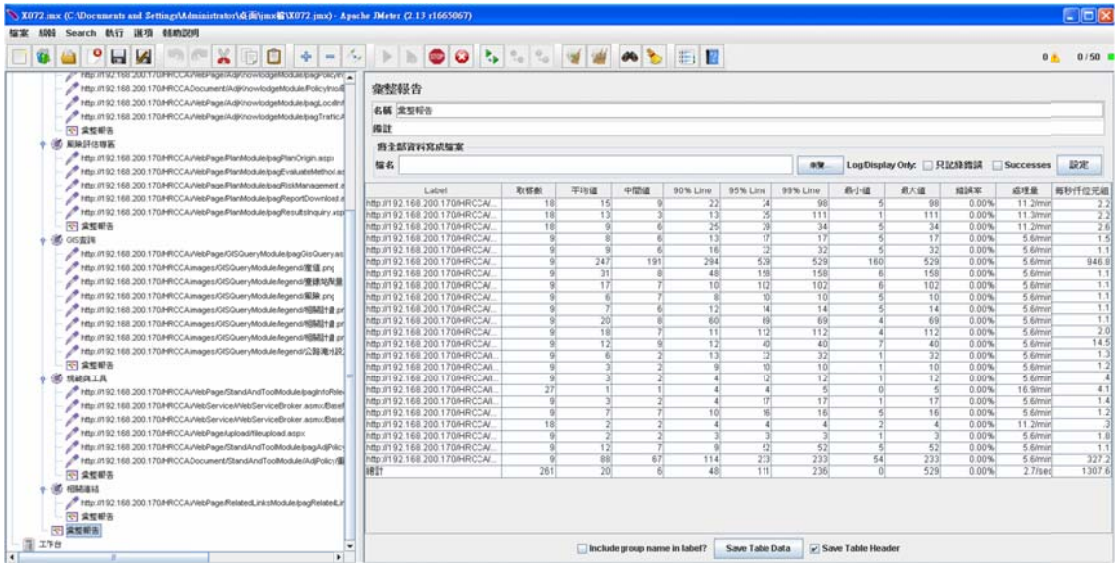
測試功能	測試人數	測試時間(分)	平均響應時間(秒)	最小響應時間(秒)	最大響應時間(秒)	錯誤率(%)
GIS 查詢	10	10	0.004	0.001	0.071	0.00%
	50	10	0.004	0.001	0.04	0.00%
	100	10	0.004	0.001	0.085	0.00%
規範與工具	10	10	0.014	0.002	0.07	0.00%
	50	10	0.017	0.001	0.223	0.00%
	100	10	0.014	0.001	0.143	0.00%
相關連結	10	10	0.008	0.006	0.018	0.00%
	50	10	0.009	0.005	0.043	0.00%
	100	10	0.008	0.005	0.072	0.00%

資料來源：本計畫彙整。

表 5.4-4 jmeter 平台整體壓力測試結果

測試功能	測試人數	測試時間(分)	平均響應時間(秒)	最小響應時間(秒)	最大響應時間(秒)	錯誤率(%)
平台整體	10	10	0.014	0.001	0.245	0.00%
	50	10	0.017	0.001	0.529	0.00%
	100	10	0.013	0.001	0.276	0.00%

資料來源：本計畫彙整。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.4.3 系統效率檢測畫面

②測試結果分析

由於每個網站的需求不同，所以模擬的測試情境與標準也不相同，因調適網站不對外開放，主要為內部使用，因此預計最多同時使用人數不超過 50 人，壓力測試模擬情境是以逐步增壓方式，分別在 10 分鐘內上線 10 人、10 分鐘內上線 50 人、10 分鐘內上線 100 人，並模擬使用者個別操作各功能模組及操作整個平台，由測試出來的結果可以看到在 10 分鐘內上線 10 人、50 人與 100 人，系統的回應時間並無太大差異，代表系統在 10 分鐘內乘載 100 人並無超過負荷，皆在穩定範圍。

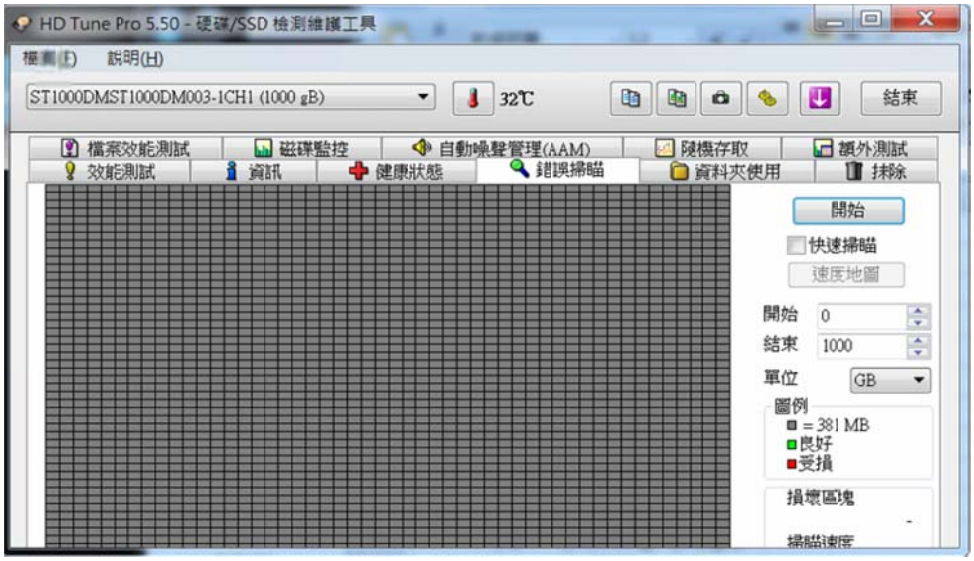
5.4.2 系統效率檢測與資安機制

1. 定期備份

為了確保資料及系統安全，定期的對資料庫及系統做備份，以便在遭受到人為破壞或電腦故障所造成的破壞時，能夠迅速的還原。

2. 伺服器硬碟掃描

此機制是為了預防系統硬碟壞軌，導致資料無法讀取或文件損壞，最終造成電腦系統不穩及毀損，並無法提供正常服務。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.4.4 硬碟掃描畫面

3. 系統監測

確保掌握系統運作情形，透過自動化的監測服務，能夠在系統發生異常狀況時快速警示，以利即時處理與排除異常。

故運用 monitoring 對於平台之連線狀況，以及外部連結之狀況進行監控，採用每隔 30 分鐘，分別會從兩組不同端點進行連線測試，兩組測試時間會錯開，故平均為 15 分鐘，監控畫面如圖 5.3.1 所示，異常時將 mail 提醒工程師進行檢視，如圖 5.4.5。



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.4.5 自動監測服務畫面



資料來源：本計畫彙整。

圖 5.4.6 異常通知畫面

4. 測試人員定期檢測

避免非軟硬體錯誤，造成之操作或資訊訊異常，諸如更新資料時資料錯誤或誤刪程式等。

5. 備援機制

系統正常維護依照系統資安機制、資料更新時程、年度系統調整規劃等進行必要之程式、系統更新管理，對於本計畫所安裝軟體及撰寫程式進行維護，但伺服器主機如發生意外狀況，則依照目前中華電信機房管理協助之必要文件填寫及諮詢服務，依照不同異常類型，制定系統備援方案如表 5.4-5 所示。中期建議可建置備援系統，於同環境架設備援伺服器，可使用實體機器或租借虛擬伺服器(VM)，待系統異常後手動切換，且備援機平日亦可於所內當作系統教育訓練或測試機，供外單位試用，或提供新進員工訓練與測試使用。長期則可考慮採用系統異常自動切換機制，以實現無縫備援之目的。

表 5.4-5 系統備援方案

異常類型	說明	備援方案
資料異常	資料內容錯誤或無法依預期方式呈現	維運團隊檢核資料後，更新資料庫
功能異常	系統局部或整體功能無法按照預期運作	維運團隊檢核功能後，依需求更新程式、設定參數、環境設定與參數
環境異常	因環境導致之系統異常，或作業系統與環境無法依預期運作	偕同運輸資訊組，重新設置與建置作業系統與環境，並由維護團隊設置或調校系統，若無法排除則啟動備援或測試環境

資料來源：本計畫彙整。

第六章 教育訓練與成果發表

6.1 教育訓練

本計畫辦理 2 場次推廣教育訓練，於 105/6/17(期中階段)辦理第 1 場次，並分為公路與鐵路場次，與會單位包括運研所、公路總局、高公局、國工局、高鐵公司、鐵工局、高鐵局、臺鐵局，範圍內之重大鐵公路主管機關皆派員參與。會中就氣候變遷運輸系統風險評估計畫之背景、風險評估方法及應用案例進行說明，透過案例研討方式，實際操作資料平台功能查詢，會後進行意見調查，作為平台功能精進之參考。

期末階段配合風險評估方法更新、平台開發(自選權重、指標修改)時程，於 105/11/23 辦理，針對風險評估與平台成果說明，包括單機、平台之操作，邀請鐵公路主管機關與交通部路政司、管理資訊中心，2 場次推廣教育訓練會議辦理過程、會議資料及研討內容詳見附錄 4。

6.2 成果發表

本計畫成果除發表於國內外研討會外，亦將文獻蒐集成果撰寫成專題報導，作為後續本所可刊登之素材。本計畫發表之項目如表 6.2-1 所示，並於 6.2.1 至 6.2.4 小節呈現 4 篇專題報導文章內容。

表 6.2-1 成果發表

類別	題目	發表/撰寫
ICTPA 2016	鐵公路設施氣候變遷脆弱度評估機制與工具開發 105	年 5 月
CECAR7	Developing a GIS- based Tool for Evaluating Adaptation Strategies for Highway and Rail Facilities in Taiwan	105 年 8 月
專題報導	「聯合國氣候綱要公約第 21 次締約國大會暨京都議定書第 11 次締約國大會(COP21/CMP11)」氣候變化調適規劃方針與實踐	105 年 5 月
	目標性的調適策略：整合社會脆弱度分析和富含氣候回復力的基礎設施調適措施以降低氣候變遷衝擊	105 年 6 月
	熱浪造成鐵軌挫屈之調適策略 105	年 8 月
	國外運輸設施調適策略之借鏡 105	年 9 月

資料來源：本計畫彙整。

6.2.1 COP21 報導文章

題目：「聯合國氣候綱要公約第 21 次締約國大會暨京都議定書第 11 次締約國大會(COP21/CMP11)」氣候變化調適規劃方針與實踐

1. 摘要

本文摘錄本所於 2015 年 11 月 30 日至 12 月 11 日，參加在法國巴黎舉辦之「聯合國氣候變化綱要公約 (the United Nations Fr amework Convention on Climate Change , 以下簡稱 UNFCCC) 第 21 次締約國會議 (the Conference of the Parties ，以下簡稱 COP21) 暨京都議定書第 11 次締約國會議 (the COP serving as the Meeting of the Parties to the Kyot o Protocol，以下簡稱 CMP11)」，會議期間參訪交通運輸相關會議所蒐集的寶貴資訊，分享國際運輸部門對抗氣候變化的調適減緩規劃方針，包括國際組織在脆弱度高的國家執行的調適計畫支援，以及實際實踐調適策略方針的國家案例；最後，就 COP21/CMP11 會議結論與我國交通運輸部門的調適減緩策略，提出發展建議。

2. 緣起

全球受到氣候變遷的影響愈益嚴重，自 2000 年以來，各國的氣候環境持續發生不同以往的非常態性變化，各國開始意識到，面對氣候變化帶來的影響，不能僅是從事災難防護或災後救難，更須及早於災難發生前因應，儘可能降低氣候變化對社會經濟的影響。因此，聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)於摩洛哥馬拉喀什舉行的第七次締約國會議 COP7，首次提出調適在締約國會議應被討論的議題，但直到第十六次締約國會議 COP16，才正式通過了述及加強調適作為的「坎昆調適框架(Cancun Adaptation Framework)」。

2014 年在祕魯首都利馬舉辦的第 20 次締約國會議 COP20，調適的重要性受到重視，該次會議最終的談判文件裡，強調「調適(adaptation)作為是全球的挑戰與責任…其緊迫性應視同減緩(mitigation)。」

2015 年，第 21 次締約國會議 COP21 於 11 月 30 日至 12 月 11 日於法國巴黎舉辦。本次會議備受全球矚目與關注，因為 2014 年的 COP20 會議最重要的結論為，在 2020 年京都議定書到期時，為對抗氣候變化締約國

將需要在 2015 年的 COP21，簽屬一項新的國際協議；且依據 COP20 決議各國必須提出的國家自主決定貢獻 INDC(Intended Nationally-Determ ined Contributions)，各國也陸續在 COP21 前遞交 INDC，但經國際專家分析的研究報告指出，各國的 INDC 並無法達到抑制升溫 2℃的目標，更加增強了本次 COP21 協議結果的重要性。

調適議題在 COP21 備受各國所重視，包括森林、農業、食物、供應鏈、氣象、都市環境、運輸…等各部門，均面臨調適議題。對於運輸部門而言，過去的努力將重心放在「減排」，如何在 COP21 會議期間，凝聚各國代表對於運輸部門「調適」的重視程度提升，並將全球過去運輸部門的調適實踐經驗分享與推廣，成為 COP21 後各國開始依各國情況，投入適當的調適計畫，值得觀察。

3. 會議結論摘要

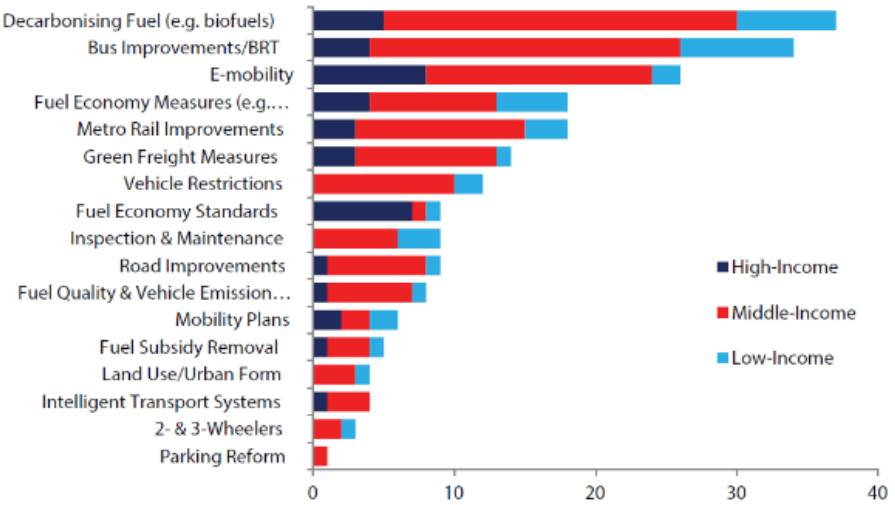
(1) 運輸部門 INDC 分析

INDC 為聯合國氣候綱要公約(UNFCCC)呼籲各國在 2015 年 COP21 會議前，各國自行針對國家情況與條件，以國家為範疇，提出各國為對抗氣候變化在 2030 年以前的溫室氣體排放量減量目標，內容可以包括國家減碳目標與調適策略、推算與計量溫室氣體排放量的方法學、所需要的財政支持、技術發展與轉移、能力建設等。

在各國提交的 INDC 中，有 40%的國家指出運輸部門占國家總排放第一位，且其餘多數國家的運輸部門也佔國家總排放的第二位，提出運輸部門減排措施的國家約占 77%。

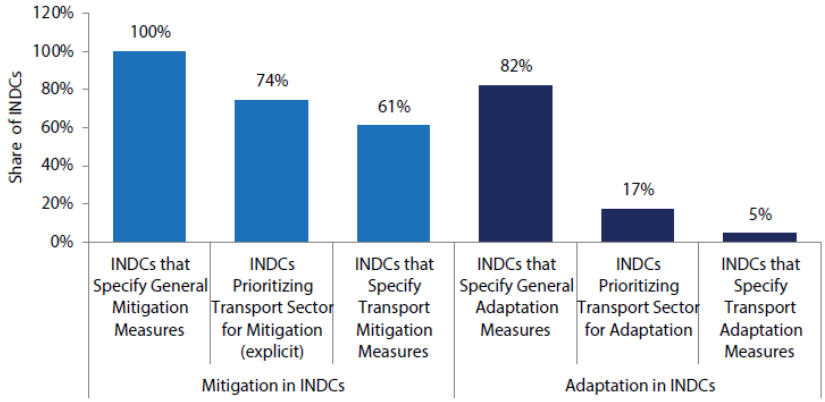
與運輸部門有關減排措施的具體分類，依國家所得分類如圖 6.2-1 所示。分析以國家收入為分類基礎，可發現所得較高的已開發國家以電動車輛、設立燃油標準、再生能源為主；所得中等的開發中國家以提升軌道與公車等共共運輸服務、綠色貨運為主；所得較低的新興國家以發展公共運輸、基礎設施建設為主。

運輸部門的調適策略，在 INDC 中有明確指出的占比仍較稀少，如圖 6.2-2 所示，且各國所提出的調適措施中，僅 17%提及運輸部門，又其中有明確提出運輸部門調適策略的更低至 5%，如表 6.2-2 所示。



資料來源：INDCs offer opportunities for ambitions action on transport and climate change, Paris Process on Mobility and Climate,2015, p.11

圖 6.2.1 運輸部門 INDC 減排措施的具體項目分類



資料來源：Expanding Efforts on Climate Change Adaptation and Resilience in the Transport Sector, Paris Process on Mobility and Climate, 2015, p.8

圖 6.2.2 INDC 中的運輸部門調適策略比例

表 6.2-2 INDC 中有運輸調適策略的國家與內容

國家	運輸調適策略
孟加拉	優先加強基礎建設回復力、改善排水系統，已有相關計畫分別由道路與橋樑交通部和水路交通局進行
伯利茲	對交通基礎建設做脆弱度評估，特別是城市地區
甘比亞	改善道路交通網在氣候變遷情況的回復力
馬達加斯加	盤點現有或新創立運輸調適策略，包含設立交通基礎設施的防洪標準
馬爾地夫	針對馬爾地夫的瑚瑚爾島(Hulhule)海岸線進行防衛計畫，以防衛島上的機場與碼頭
摩爾多瓦	分析調適方案，包括基礎建設的設計與營運，與面對不確定性的長期決策

資料來源：Expanding Efforts on Climate Change Adaptation and Resilience in the Transport Sector, Paris Process on Mobility and Climate, 2015, p.9

(2)《巴黎協定》與調適議題的結論

COP21 會議經兩個星期正規會議協商討論後，於 2015 年 12 月 12 日正式通過，成為繼京都議定書之後，具有法律約束力的全球溫室氣體減量新協議，協議內容闡述聯合國呼籲全球共同對抗氣候變化的決心，關於《巴黎協定》內容，與調適議題相關的結論，主要有二：

①在 2025 年以前，作為《巴黎協議》締約方會議的《公約》締約方會議將在考慮開發中國家的需要和優先事項的前提下，設定一個新的定量目標，每年最低 1,000 億美元對抗氣候變化與暖化。

②強化各國對於調適的重視與因應策略工作，以提高氣候變化調適能力，加強防禦能力和減少氣候變化的脆弱度、重視風險管理的目標，促進永續發展。

4. 運輸部門調適重點觀察

(1) 全球與運輸調適有關的計畫

①100 Resilient Cities(100RC)-Rockefeller Foundation

計畫目標為幫助全世界有需要減緩的城市，不僅是氣候變化造成的地震、火災、洪災…等，還包括氣候變化造成的經濟影響，如高失業率、運輸設施不足、食物和水的缺乏…等。其中，在運輸的部分，該計畫架構中，針對「設施與環境」項目，提出「提供駕駛值得信任的城市通訊系統」，認為應以智慧運輸強化面對氣候變化時造成交通運輸可能產生的不穩定性。

②CLIMIATRANS

CLIMIATRANS(全名為 Coping with Climate : Assessing Policies for Climate Change Ad aptation and Transport Sector Mitigation in Indian Cities – Institute of Trans port Economies/Norwegian Centre for Transport Research)計畫為是對印度的三個城市－德里、孟買、邦加羅爾作為案例，提供城市調適與減緩的發展計畫。

為了解決印度城市交通擁擠、噪音、排放和交通意外等問題，該計畫將集中在運輸部門如何從經濟競爭力、社會公平性、環境永續性三個層面，作出適當的政治決策。

③Climate Change Adaptation for In ternational Transport Networks (CCAITN)

2013 年底時，由聯合國歐洲經濟委員會(the United Nations Economic Commission for Europe, UNECE)發起，該計畫提倡第一階段發展調適數據資料的蒐集機制，整合調適與減緩策略。2015 年 1 月，該計畫表示自 2015 至 2017 年，該計畫已發展至第二階段，將集中心力在脆弱度較高的聯合國成員國區域，強化因應氣候變化的交通路網建設。

(2) 開發銀行對調適的貢獻

前述《巴黎協定》內容已知，協定生效後，已開發國家將給予開發中國家每年最低 1,000 億美元對抗氣候變化與暖化的財政支援，實際上，國際上諸多開發銀行，已開始著手與各國進行多方或雙向溝通，執行多個調適計畫，綜整如表 6.2-3。

表 6.2-3 開發銀行的調適計畫

開發銀行	運輸調適計畫
ADB(亞洲銀行)、WB(世界銀行)	The Nordic Development Fund (NDF)北歐發展基金，在亞洲、非洲、拉丁美洲執行運輸調適計畫 柬埔寨(NDF/ADB) 鄉村道路改善計畫：分析脆弱度地圖、分析最優先調適方法、增強基礎設施的恢復能力、訓練地方政府 MRV(Measurement, Reporting, Verification)能力、強化地區對於道路安全的意識 研究範圍擴及 1,200 公里的鄉村道路 越南(NDF/ADB) 針對越南 6 個山區省份道路作調適與恢復，以提高山區居民與市區聯繫的可及性 脆弱度高道路的恢復 基礎建設恢復能力的強化 尚比亞(NDF/WB) 希望透過調適計畫增加尚比亞政府運輸部門的調適應變能力，並將調適策略整合至其政策文本、道路設施設計標準與技術指南。
WB(世界銀行)	Transport for Development : The World Bank Group's Transport Business Strategy 2008-2012 (2008) 從永續設施的角度分析運輸部門調適 針對當時技術作調適分析

表 6.2-3 開發銀行的調適計畫(續)

開發銀行	運輸調適計畫
ADB(亞洲銀行)	Sustainable Transport Initiative Operational Plan (2010) 推動運輸部門與管理單位重視調適 對運輸調適進行個案分析 中國安徽省案例：安徽省長期受該地區溫差變化和暴雨的影響，導致洪水災害頻繁，危及下游道路與河運。 一般河道轉換為具備導航功能航道 發展兩個乾潮塑料水壩 發展一個新的橋樑和河港
AfDB(非洲銀行)	At the Center of Africa's Transformation Strategy for 2013–2022 (2013) 將氣候減緩設施與綠化作連結 強化交通運輸與其他服務的恢復能力和連結性 發展能夠適應環境的交通系統
EBRD(歐洲復興開發銀行)	Transport Sector Strategy (2013) 濱海地區道路和港口調適計畫 喬治亞案例：喬治亞國家港口臨黑海，正受到海平面上升與泥沙沉澱的影響，EBRD 給予港口改革技術建議
EIB(歐洲投資銀行)	EIB Transport Lending Policy (2011) 各種運輸模式的調適 港口的調適設計與管理措施
IDB(美國開發銀行)	Climate Change and IDB: Building Resilience and Reducing Emissions, Sector Study: Transport (2014 城市客運與貨運永續運輸的能力建設與研究 運輸減碳和調適工具、準則、指引研究 風險的鑑定方法 尼加拉瓜調適案例 尼加拉瓜道路設施的高脆弱度熱點分析 資助尼加拉瓜國內橋樑可行性研究 資助尼加拉瓜與鄰國宏都拉斯間的聯絡道路

資料來源：Expanding Efforts on Climate Change Adaptation And Resilience In The Transport Sector, Paris Process on Mobility and Climate,2015, p.11

(3) 公路設施的調適案例

世界道路協會(World Road Association)2015 年出版的「International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure」，針對公路設施的調適方法提出完整的架構與技術指南，內容提及公路設施調適的四個步驟：

①步驟一：確認範圍、變數、風險與資料

最初始的階段，須全面性地確認氣候變化影響的範圍、調適項目的迫切程度、並且要確立明確的評估目標。因此，要盡量蒐集任何可能與調適有關的資料，至少包括資產、位置、管理、對象、成

本...等，因此，及早讓利害關係人參與討論是重要的，藉由在初始階段與利害關係人的討論過程，方能清楚的了解多面向的風險，並確認後續合作的角色與責任。

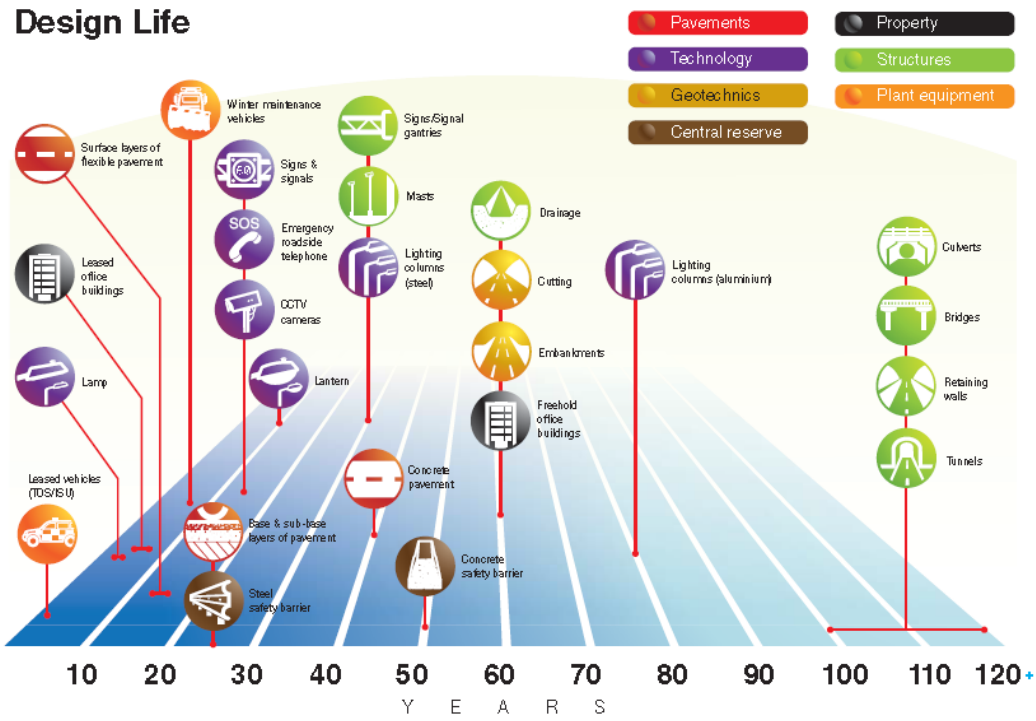
為妥善在初始階段評估運輸設施的風險，美國州際公路運輸協會(The American Association of the State Highway and Transportation Officials', AASHTO)提供了一套評估風險管理指引，詳圖 6.2-3，值得作參考。

為了解各類公路設施資產的設計年限(Design L ife)，以評估公路設施面對環境衝擊的調適能力，英國公路局於 2011 年出版的「Climate Change Risk Assessment 」中，針對各項公路設施進行設計生命分析，如 6.2-4。道路鋪面(pavement)與電子設備(technology)屬於設計年限較短的公路資產，相對其他設施脆弱度高。



資料來源：The American Association of the State Highway and Transportation Officials', AASHTO)

圖 6.2.3 美國州際公路運輸協會風險管理程序指南



資料來源：Climate Change Risk Assessment, the United Kindom's Highway Agency, 2011

圖 6.2.4 公路資產的設計年限

②步驟二：評估風險的嚴重程度與優先性

初始階段經過大數據資料的蒐集與類項目的比較與分析後，即可以科學化的評估方法，如脆弱度矩陣、敏感度指標，建立所有可評估公路設施的脆弱度分類結果後，具體的研判不同公路設施面對氣候變化的風險嚴重程度，並排序各項設施調適的優先性。常見的方法，包括衝擊可能性評分或風險分數矩陣，如表 6.2-4、表 6.2-5。

表 6.2-4 衝擊可能性評分

可能性	定義	分數
幾乎肯定會發生	機率近乎 100%	5
可能會發生	發生的可能性約一半(接近 50%)	4
不一定會發生	有發生的可能性，不宜忽略(低於 50%)	3
可能性微小	發生可能性低，但並非不可能(>0%)	2
幾乎不可能發生	機率近乎 0%	1

資料來源：International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure, World Road Association, 2015。

表 6.2-5 風險分數矩陣

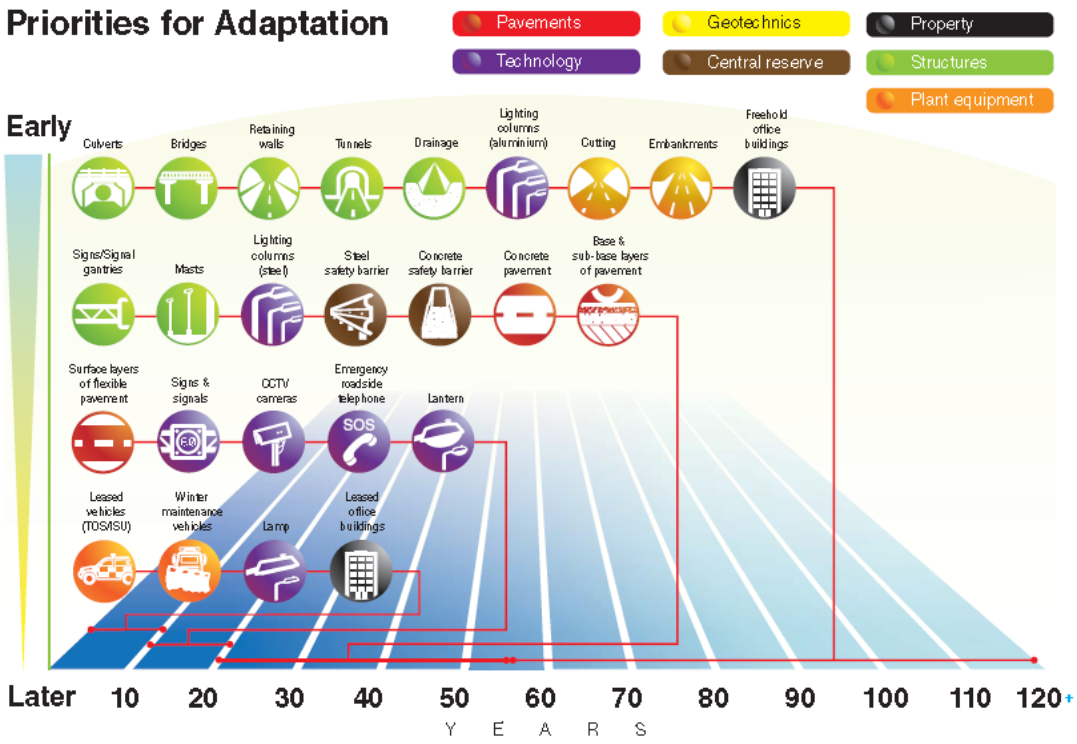
可能程度	嚴重程度				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25
風險極高 (≧20)	極端的風險應是最優先且最高層級管理階層須緊急關注的，且不能夠僅用例行性的做法執行因應措施。				
高風險 (≧12)	高風險一般由高級行政階層關注；高風險有可能用例行性的作法執行，但若遇到情況較特殊時，可考慮由最高層級管理階層關注與更改因應措施。				
中度風險 (≧5)	中度風險一般是能被預測的，並且用例行性作法執行因應措施，可由一般中階管理階層進行，並將行動結果定期呈報給上級長官。				
低風險 (<5)	低風險通常是被列管，並且可透過既定的工作方法防範之，除非情況特殊，否則無必要針對低風險情勢採取行動。				

資料來源：International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure, World Road Association, 2015。

以圖 6.2-4 為例，英國公路局經過評估後，各種不同設計年限的公路設施，其調適的優先性大致上可分類成圖 6.2-5，針對各個不同的年期，給予各類公路設施調適的優先順序。10 年以內，著重在渠道、號誌門架、道路鋪面材料；而在遠期 50 至 100 年，同樣道路設施類型在調適的優先性應有所調整，變成排水、路燈、道路鋪面與路基的基礎或副基礎階層。重點在於，調適的優先性亦需要視不同的階段，給予不同的重視程度。

③步驟三：選擇合適的調適因應策略

經過脆弱度評估並分類後，應謹慎選擇合適的調適策略，面對氣候變遷極端氣候，常被討論的威脅包括海平面上升後促使暴風雨的嚴重性、降雨量減少與乾旱的增加、暴雨次數的增加、風力的增強、溫度上升、降雪凍土與冰河覆蓋，共六大類，茲彙整六大類的公路設施調適策略於表 6.2-6，以及相關的國際實踐案例於表 6.2-7。



資料來源：Climate Change Risk Assessment, the United Kindom's Highway Agency, 2011

圖 6.2.5 公路資產的調適優先排序

表 6.2-6 公路設施面對不同威脅的因應策略

威脅類型	因應策略
海平面上升後促使暴風雨的嚴重性	使用適當的結構材料，並提供適當防護 提高道路與鋪面的海拔高度 建設海堤、防波堤、溝渠、亂石、排水設施 道路重新配置 種植有利於防水的植被，如紅樹林 種植人造珊瑚 以鋼筋水泥取代金屬水渠 發展與檢討洪水風險管理計畫 針對受海平面上升影響的潛勢區域的公路設施重新設址
降雨量減少與乾旱的增加	採用富有彈性的道路鋪面、抗乾燥材料 增加儲水容器並且降低滲透的措施，以補給含水層和減少地表逕流流失 重新植被耐乾旱物種 使用可控制侵蝕的材料 運用顆粒防護 導入一個可因應降雨減少情狀的反應機制 維持土壤溼度和營養水平

表 6.2-6 公路設施面對不同威脅的因應策略(續)

威脅類型	因應策略
暴雨次數的增加	設施在設計階段便應考量到暴雨侵蝕的影響 減少坡度傾斜程度，避免過於陡峭的坡度設計 提高工程結構的規模數量(液壓結構、過河段加高) 提升道路鋪面的排水能力 重新調整自來水道 採用不透水的封閉式材料或其他防水材料 規劃洪災風險管理計畫，特別是道路封閉時的替代道路、緊急警告系統、緊急情況的通訊方法 更新公路排水系統與設計標準 裝修抽水設備 統計洪災熱點 面對因洪災造成的汙染廢料的汙染防制措施 改善因能見度降低時的道路燈光照明 研究如何穩固斜坡以降低因暴雨導致山崩的損失 利用移除土壤潮濕的技術，避免其造成道路、橋樑與隧道的結構完整性惡化
風力的增強(颶風、颱風)	調整支撐物和錨具的設計 設置防禦系統，例如防風牆、種植防風林如紅樹林 加強溝渠維護的頻率 改善通訊系統和警急通報網絡 評估吊橋、標誌和高樓的整體結構
溫度上升	使用較耐熱、防火的材料 重新配置交通控制設備的位置，減少受曝日照時間 改善防火設備的覆蓋率 強化電子儀器的冷卻與通風 在受地表鹽化的地點使用抗腐蝕油漆
降雪凍土與冰河覆蓋	利用熱對流使路堤凍土排熱 對凍土隔熱以減緩解凍 土讓穩固研究與技術，以減少土壤基層凍化 使用高反光性道路鋪面以極小化熱的傳導 結構性評估道路的結構物因凍土解凍造成的下沉和弱化

資料來源：International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure, World Road Association, 2015。

表 6.2-7 公路設施因應策略案例

威脅類型	國家與背景	調適策略
海平面上升、暴雨增加	太平洋調適計畫針對太平洋上的眾多島嶼，進行海平面上升的調適工作，其中，瓦努阿圖(Vanuatu)的島嶼約有 40%位於海平面上升的潛勢影響區域，該國的海平面已經比 1993 年高出至少 11 公分之多，是全世界平均值的兩倍以上。	道路重新配置：仔細的針對位在海平面上升潛勢區域的 40%道路，應如何配置對整體路網動線產生最低程度影響 建設排水設施與設置沉澱池，且避免沉澱物會因暴雨而侵害珊瑚。
	紐西蘭 SH16 Causeway 是境內西部重要道路，但受到洪災與海平面上升造成的風險所苦。	針對道路設施的路基與鋪面做全面性的改造，提高道路基礎海拔高度，且利用改造契機，提升道路容量。 
暴雨、山崩	斯里蘭卡(Sri Lanka)高海拔地區地質脆弱度高，容易因暴雨導致山崩。過去在開發階段，並未注重道路開發對地質影響造成的風險。結果造成眾多的道路交通事故意外，付出許多交通成本。	針對坡度較傾斜的道路進行道路結構的強化，部分路段可能要評估更改坡度設計的可行性；並針對九座跨河大橋面對暴雨時的影響，進行防災評估。

資料來源：International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure, World Road Association, 2015。

目前對我國最常造成威脅的現象，主要是降雨量減少與乾旱的增加、暴雨次數的增加、風力的增強(颱風)、以及溫度上升。從表 6.2-6 彙整的策略可知，面對暴雨或颱風，應在公路設施設計階段即考慮到可能影響，並且特別注重道路的排水設施與功能，包括土壤的結構承受暴雨侵蝕的強度，提早分析暴雨時可能的洪災熱點地圖，並制定洪災發生時的替代道路計畫、警告與通訊系統的維持；面對溫度上升與乾旱，應提高公路設施的鋪面材料抗熱的能力，並檢視交通設施的位置是否可能受到溫度上升的影響。

④步驟四：整合研究結果，制定決策與防範措施

選擇合適的因應策略時，可以採用成本效益分析方法或多面向準則分析，對所有的策略方案做效益分析，評估何種策略最適合。最後的階段，便是整合研究結果，制定決策與防範的措施，如何透過有共識的互動與溝通、教育與訓練，是實踐調適策略能否有成效的關鍵。

4.結論

調適是目前國際重視的議題，因為氣候變遷造成的極端氣候現象已開始危及許多國家的環境資源和生活機能。運輸部門在歷次締約國會議的調適議題中，雖然未受到重視，但全球已逐漸有許多計畫，正在慢慢開始針對脆弱度高的地區進行運輸部門調適工作的實踐，包括許多世界銀行組織，聯合國組織與已開發國家也陸續有許多和運輸部門有關的調適研究報告。而在 2015 年的締約國會議 COP21 通過的《巴黎協定》草案中，也已明確要求各國對於調適的重視與因應策略工作，運輸部門之後在國際上調適的作為，仍然值得持續觀注。

我國運輸部門的調適策略，現已啟動運輸部門調適風險評估，加強運輸部門建設與環境因應氣候變化的調適能力。在 COP21 後，應持續蒐集國際上的調適行動，並且持續強化我國運輸部門調適的資料蒐集機制、且將調適風險評估方法和準則落實至中央與地方政府層級，建議作法如下：

(1) 2020 年以前需要更積極作為，制定運輸部門氣候調適綱要計畫

國際交通運輸首長與組織均呼籲調適計畫應預先在上位計畫考量，並納入風險評估，因此，氣候調適綱要計畫應納入國家總體與運輸部門上位政策、擬定實質計畫，強化運輸與其他跨部門調適行動計畫合作。

(2) 建立中央與地方運輸部門氣候減緩與調適合作機制

氣候變化影響層面廣泛，非中央或地方政府本身即能夠完全掌握與處理的工作，必須要透過中央與地方政府的互助協調與合作，在適當的合作減碳責任分配機制下，解決問題。

5.資料來源

(1) The United Nations Fram ework Convention on Clim ate Change (2015), Adoption of the Paris Agreement

(2) Sudhir Gota, Cornie Huizenga, Ka rl Peet, Gavin Karr , 2015, Intended Nationally Determined Contributions Offer Opportunities for Ambitious Action on Transport and Climate Change

(3) World Road Association, 2015, International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure

(4) Paris Process on Mobility and C limate(PPMC), 2015, Expanding Efforts on Climate Change Adaptation And Resilience In The Transport Sector

(5) The U nited Kingdom's Highway A gency, 2011, Climate Change Risk Assessment

(6) http://www.100resilientcities.org/#/-_/

(7) https://www.toi.no/background/category1493.html

(8) The American A ssociation of th e State Highwa y and Trans portation Officials, http://www.transportation.org

6.2.2 調適策略文章

題目：目標性的調適策略：整合社會脆弱度分析和富含氣候回復力的基礎設施調適措施以降低氣候變遷衝擊

1. 摘要

本文介紹一個整合式的脆弱度評估模式，該模式針對氣候變遷下基礎設施(道路)脆弱度，結合社會經濟的定量分析以進行評估。並比較有調適作為與無調適作為之脆弱度地圖變化情形，其中未來氣候變遷之影響模擬，是以至 2050 年的生命週期成本來進行比較。

本研究之貢獻是以定量分析評估採行特別調適策略的方案選擇，以降低氣候變遷引起的區域脆弱度變化。由於實際面(經費的限制)的考量，方案之投資金額必須優先被考慮。環境建設(包括道路)的社經衝擊，主要影響到人們的社會福利。預期的道路投資將會降低未來氣候衝擊下的脆弱度。提高極端事件下道路的回復力，可確保交通運輸系統的使用品質，並降低其維護成本，從而獲得直接性的實質利益。

(1) 介紹

隨著經濟發展與社會福利的提高，維生基礎設施(含道路)規模亦不斷的擴大。因此，在投資維生基礎設施部分，必須將重點放在設施效率的提高及其回復力上面。目前道路、橋梁、建築物、電力、水利系統等項目的設計與建造，極少一開始就考量到未來設施面臨的脆弱度以及造未來成附近居民脆弱度升高問題。政府單位對於道路基礎設施的建造，必須要兼顧到安全以及高效率。因此，決策過程中一定不能沒有考慮到長期性的公共服務，必須考量多方面因素以提高服務水準，並降低建造成本。比較廣泛的角度來說，則是必須要通過環境影響評估(EIA)。研究證明，經由合理之量化評估後，對於區域或地方來說，執行適當的調適策略可降低氣候變遷造成的衝擊(指脆弱度)。

(2) 研究根據與問題定義

①計畫管理衝擊

將環境影響評估(EIA)視為強制性手段，顯示出基礎設施對周圍環境的直接和間接影響越來越大。故計畫性地納入環境影響評估，可有效解決各種問題，有利於決策。環境影響評估的分析可算是氣候變遷下的前瞻性研究。大型工程計畫(LEPs)衝擊的層面相當多也相當深遠：LEPs 不僅大大提高人類的生活質量，也強烈反映出一個國家在全球的生產力和競爭力。當然，LEPs 也帶來了潛在的外部影響(即自然資源過度使用、污染環境等)，以及意想不到的後果。故在計畫的規劃及實施過程中，必須考慮生命週期因素，並加入氣候變遷未來潛在的影響程度及變化。

②氣候變遷

政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change，縮寫 IPCC)是一個附屬於聯合國之下的跨政府組織，在 1988 年由世界氣象組織、聯合國環境署合作成立，專責研究由人類活動所造成的氣候變遷。該會會員限於世界氣象組織及聯合國環境署之會員國。

政府間氣候變化專門委員會本身並不進行研究工作，也不會對氣候或其相關現象進行監察。其主要工作是發表與執行《聯合國氣候變化框架公約》有關的專題報告。政府間氣候變化專門委員會主要根據成員互相審查對方報告及已發表的科學文獻來撰寫評核。

IPCC 協助各國於 1997 年在日本京都草擬了《京都議定書》，協議目標是要在 2010 年時，讓全球碳排放量比 1990 年時減少 5.2%，目前已有 170 多國核准該協議。IPCC 已分別在 1990、1995、2001、2007 年及 2013 年發表五次正式的「氣候變遷評估報告」。2014 年主軸係評估脆弱度以及可投資的調適能力。

廣義而言，脆弱度和回復力是相關的，高脆弱度是指低恢復能力。這項研究的目的是優先考慮投資，以降低脆弱度，從而增加抵禦氣候變遷的能力。氣候變遷的脆弱度定義是「暴露在氣候災害增強的情況下，特別是對於低容納力的元件」。

③交通路網脆弱度與 IPSS(基礎設施規劃支援系統)

a. 交通路網脆弱度

本研究認為維生基礎設施的權責單位因受氣候變遷衝擊在管理方式上應有所調整，必須考慮變更道路之規劃和設計，以達降低預期的風險變化，和確認其對社會面整體影響之雙重目的。

b. IPSS(基礎設施規劃支援系統)

IPSS(基礎設施規劃支援系統)模式是建立在具體的工程數據上，可針對道路基礎設施實作部分，進行現況與未來衝擊影響後之成本評估。成本評估可用於兩種不同的調適策略或政策：分別為被動性(無作為)與主動性(有所作為)。其中，主動出擊(即主動性)的策略或調整，是基於將各項措施，通過改變設計和施工過程中的具體元素，使道路基礎設施可適應氣候變遷的影響。

IPSS 進行氣候變遷分析有三個主要步驟。首先，在研究區域中的氣候變遷影響條件必須是確定的。IPSS 有不同的氣候模式可供彈性輸入；本研究採用 54 個不同的 AR4 的大氣環流模式，以獲得數種氣候壓力、降水和氣溫的未來預測值。利用這些未來

預測值與歷史氣候數據相比較，可得氣候變遷造成的變化值(降水和氣溫等)。進行分析的氣候研究單位的解析度，係採 0.5 度緯度和經度的全球網格(每格大約 250 平方公里)。

第二步驟是預測氣候變遷衝擊下具壓力的道路清單(指熱點路段)。模式之公式反映道路原料(材料)對氣候變遷衝擊的反應(利用已彙整材料科學、歷史數據、實際案例研究所開發之模組)。IPSS 可適用於三種不同類型的道路清單：鋪好的道路、碎石道路和泥土道路。影響路段是以每公里道路作為判斷。

最後，將氣候變遷衝擊限制加入模式中，一旦氣候變遷帶來衝擊，IPSS 將計算這些影響的成本，增加維修和/或建造成本的結果。後續將根據所選擇策略的不同：採主動調適是或無調適。無適應策略的成本將以道路維護的增加和壓力道路(熱點)的增加結果來計算；適應策略的成本將以道路升級以抵禦未來氣候影響來計算。

④社會脆弱度

氣候變遷的社會脆弱度是指氣候變遷對社會經濟與健康的影響。社會脆弱度數據是基於 19 種不同社會脆弱度指標因素的綜合排名。其分析是基於 Dr. Susan Cutter 建置的社會脆弱度指標(SoVI)(其他說明，詳 3.1 節)。

⑤整合社會與交通網路的脆弱度

分析過程中，SoVI 可以幫助決策者盤查哪些威脅持續存在和其變化較大者。並利用與物理風險數據結合的指標，以減緩最脆弱的熱點路段為目標。藉由整合社會與交通網路的脆弱度評估，可作為能降低自然災害衝擊的優良決策之執行佐證，而不僅僅是心血來潮緩解區域衝擊的政治性決策。

(3) 方法

①綜合評估模式

本研究主要建立在 IPSS(基礎設施規劃支援系統)的道路分析和 SoVI(社會脆弱度指數)因應氣候變遷調適的基礎上。第二章已對

兩者進行說明，他們皆能針對選定的地理位置提供定量數據進行氣候變遷脆弱度分析。

社會脆弱度數據為太平洋研究所(Pacific Institute) 所提供的開放性資料(“Map: Social Vulnerab ility Index Data”, 2014) 。該數據由 Cutter (1996)開發的 SoVI 模式而得，其定義了美國各郡產生社會脆弱度導致環境危害的 32 個相異變數。數據顯示加州(尤其是南加州)為極脆弱而易受到環境危害的區域。以此技術為基礎，太平洋研究所選定 19 個與氣候變遷直接相關的變數，這些變數在各級人口普查皆採獨立評估。加州有 7,049 個人口普查級別，每一級別約有 4,000～5,000 人(US Census 2014)。而每個變數有其相對的「脆弱度等級」(採三分位)；最小脆弱度被視為「低」，最大脆弱度被視為「高」，而在中間者被視為「中等」。脆弱度評估是以近期可用數據作靜態分析(在一般情況下，根據 2010 年人口普查數據)。然而這的確是研究限制，其不可能準確預測未來十年的趨勢，然而它仍提供了一個脆弱度評估基準。

IPSS 數據提供了兩個具體指標：一個為「調適」成本，另一個為「無調適」成本。調適成本代表以主動的方式來建設，可透過重建時調整預計承受氣候變遷影響的道路其設計標準來達成；無調適成本代表道路基礎設施在氣候變遷造成的損害發生後，其被修復所花的費用。

這兩種方法結合後，產生和脆弱度多方位定義最接近的綜合評估模型(IAM)，這是在社會科學中常用的和環境決策相關的分析方法。它被認為能「超越單一學科的界線，並能考量一個以上的領域或問題的諸多方面」。研究的目的是提供指引，讓決策者決定如何辨識投資的優先順序因應氣候變遷，獲得最大的經濟和社會效益。

②地理資訊系統(GIS)圖資

為了整合社會脆弱度和基礎設施成本(含有調適與無調適)的資料，可透過 GIS 進行定義及建構各屬性資料，包含各類基礎設施的脆弱度排名。社會脆弱度的資料是由人口普查單位提供，而物理性基礎設施的脆弱度數據則由氣候研究單位提供。

圖 6.2-6 為美國加州和洛杉磯地區透過 GIS 進行空間資料套疊分析之成果，其中，藍線為氣候研究單位(氣候變遷影響的分析單元，針對降水和氣溫)；紅線為行政區界(行政決策單位)；黑線為人口普查級別(社會脆弱度分析單元)。人口普查反映出全州人口密度，且能以較小尺度看出洛杉磯地區之人口密度。圖中呈現了一個決策機構的職權範圍以及需要投資的優先順序。

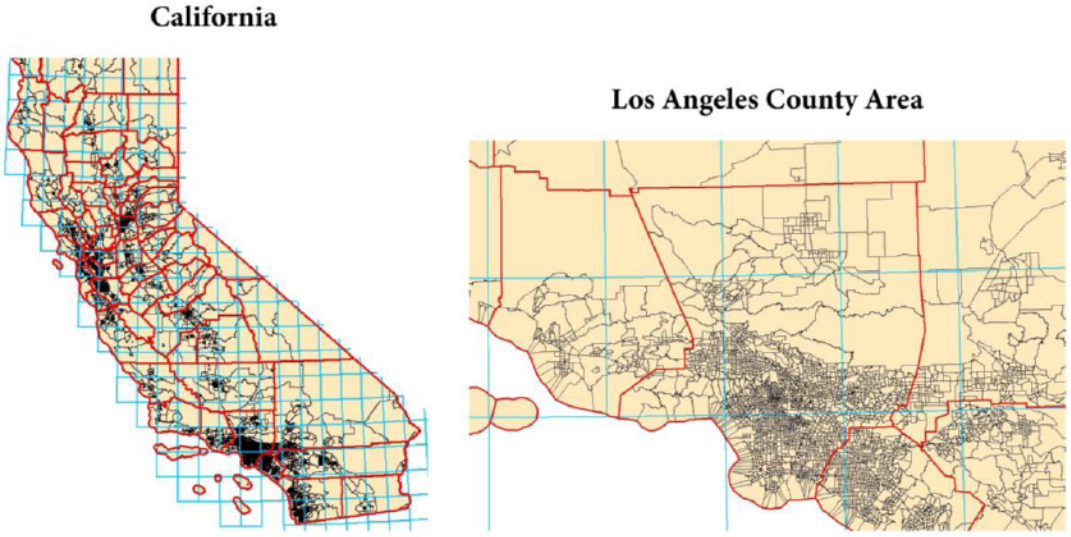


圖 6.2.6 美國加州和洛杉磯地區空間數據分析網格圖

將上述數據資料利用 GIS 疊加後，制定一 3×3 的脆弱度矩陣。排名最後者定義屬低基礎設施脆弱度與低社會脆弱度，而排名最前者為高基礎設施脆弱度與高社會脆弱度(表 6.2-8)。

表 6.2-8 脆弱度矩陣(評估模式中投資排名)

社會脆弱度 / 基礎設施脆弱度	低	中	高
低	9 8 7		
中	6 4 2		
高	5 3 1		

氣候變遷下基礎設施成本風險「低」之地理區域被排名在最後，儘管該區社會脆弱度高。投資排名第二者為「中基礎設施脆弱度、高社會脆弱度」；具有較高社會脆弱度的地區(排名第 2)比「高基

礎設施、中社會脆弱度」給予更優先的排名(排名第 3)。因為「中等」道路基礎設施脆弱度降低的影響可能非常有助於減少一個地區的社會脆弱度。排名第 5 者如同前述原因，「高基礎設施」脆弱度並不優先於排名第 4 者，因為它發生在低社會脆弱度的地區，該區域對氣候的影響具有更多的彈性。本評估規模可根據當地的優先政策和調適性基礎設施投資的預期經濟效益進行調整。

(4) 結論

本研究研提之整合型模式，由郡等級之道路基礎設施成本(即氣候變遷下物理性脆弱度指標)，以及 19 個因子評估出的社會脆弱度(即氣候變遷下社會脆弱度指標)所構成。並以美國加州與洛杉磯進行分析。

①加州

以歷史紀錄可確認加州受氣候變遷衝擊之影響。圖 6.2-7 為投資優先次序圖，顯示各優先次序的有調適和無調適策略之人口普查單位數量。該數據是根據 2012 年氣候變遷下的社會脆弱度，與 2050 年氣候變遷累計成本所得之基礎設施脆弱度指標進行排名配對(請參閱表 6.2-8 的排名定義)。

就有調適方法而言，本計畫加州之研究區域脆弱度較全州要低得多。約 4,000 個人口普查單位其脆弱度評級為 5 或者更低；對於無調適的方法而言，大約 2,700 個人口普查單位之脆弱度評級為 5 或者更低。就脆弱度排名前三高而言，調適方法合計有 2,402 個人口普查單位，而未調適方法則有超過 4,000 個人口普查單位(如圖 6.2-7)。圖 6.2-7 亦呈現 1,698 個高或中等社會脆弱度之人口普查單位(約佔 25%)，可見其調適效益夠顯著而向下移動到較低的物理性脆弱度類別，故此地區應優先投資，因為在高社會脆弱地區針對道路基礎設施進行氣候變遷調適，可減少物理性脆弱度。

基礎設施脆弱度在所有地理分析區域中，約有 17%的區域顯示調適氣候變遷較無調適更加昂貴。然而，在所有情況下，各級人口普查單位並無差異，增加調適成本同時也增加了脆弱度等級。

圖 6.2-8 係透過 ArcGIS 以呈現有調適策略與無調適策略之差異。圖中顯示高脆弱度地區的分佈(排名 1、2、3)與人口稠密的城市地

區相關。這與預期的結果是一致的，因為市區相對於鄉村地區有較大量的道路基礎設施，且有一定的人口是對氣候變遷較為脆弱的。另外有一些農村地區，特別是加州的南部和東部地區，可透過調適策略大幅降低氣候變遷脆弱度，調適對這些農村地區有很大幫助。

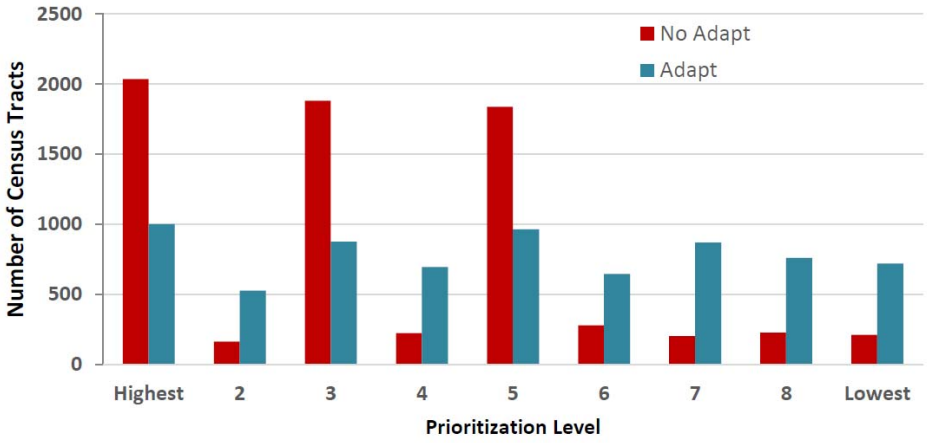
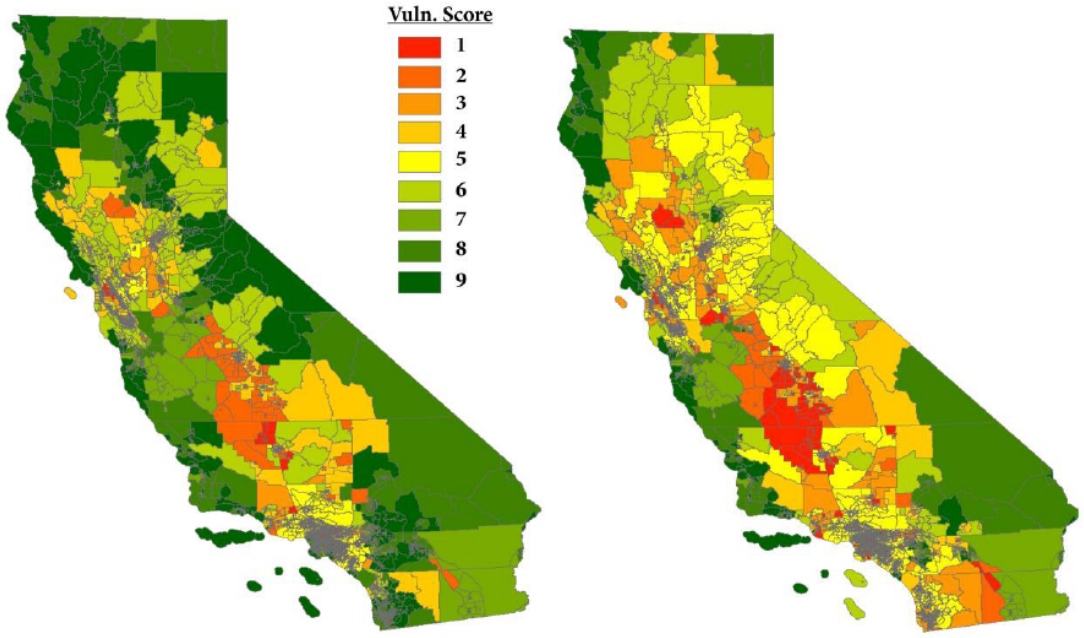


圖 6.2.7 氣候變遷下各投資優先次序與人口普查單位數量圖

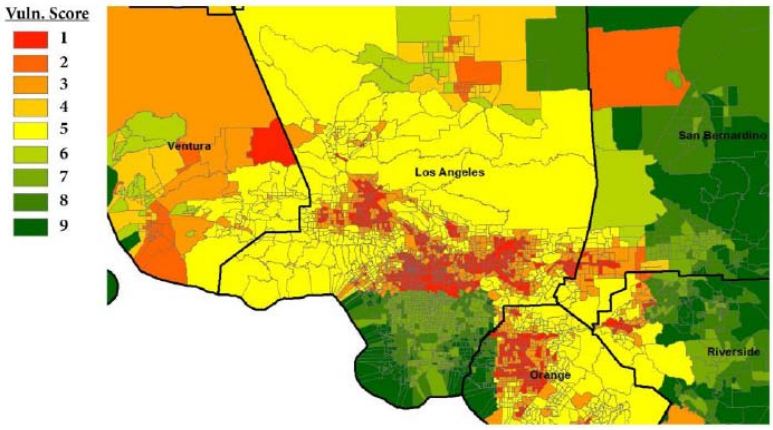


(a)有調適作為　　(b)未調適作為

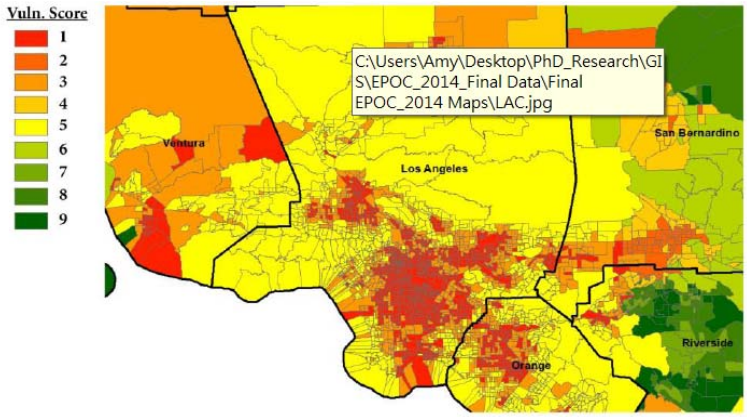
圖 6.2.8 整合後的加州地區脆弱度地圖

②洛杉磯地區(LAC)

洛杉磯地區是一個人口稠密且受氣候變遷影響的城市，該區於氣候變遷下將有近 40%的人口位處於「高」社會脆弱度等級。圖 6.2-9 呈現了各級人口普查單位有調適策略之效益，該地區的脆弱度整體水平是非常高的(排名 1～5)，主要具調適效益的地區出現在 LAC 的西南地區和橘郡(Orange County)的西北地區。聖貝納迪諾郡(San Bernardino County) 和文圖拉郡(Ventura County) 亦可見調適之效益。關鍵的投資策略要能有效利用可用的預算，LAC 中部地區的社會脆弱度和物理性脆弱度在有調適與無調適方法中皆為「高」等級，故應積極投資以對抗氣候變遷帶來的損害衝擊。LAC 是眾所皆知交通擁擠的地方，主要是因為個人或商業的通勤需求。透過增加維護的方式來確保這些道路可維持良好狀態，如此能在調適氣候變遷上顯示出正向的淨回報率。



(a)有調適



(b)無調適

圖 6.2.9 整合後洛杉磯地區脆弱度成果地圖

(5) 討論及結論

本文提出了建成環境(道路基礎設施)和社區社會脆弱度的定量評估數據之整合步驟，此綜合的/整體的步驟將有助於強化脆弱度科學對地方、區域和國家層面的理解。SoVI 可以幫助當地決策者查明那些威脅持續存在。利用與物理風險數據結合的指標，意味著減緩的努力可以最脆弱的群體為目標。將社會、建成環境與自然災害指標相結合，將提升風險評估的社會論證，而不僅是心血來潮緩解區域衝擊的政治性決策。

研究的評估模式提供具體調適策略選擇條件，可有效降低氣候變遷脆弱度，裨益相關組織或單位勾勒出未來發展初步願景。透過整合型之脆弱度評估分析，可優先排列出對應氣候變遷衝擊下(主要為高社會脆弱度度、低維生基礎脆弱度之地區)之投資策略。建立在數據分析結果的投資優先順序，可成為專案經理的資產以使財政資源作最有效率的運用。並且透過評估分析結果，使現有基礎設施規劃者認知到未來氣候變遷衝擊下應有的設施回復力條件。

這項研究有幾個限制。因利用氣候模型模擬氣候變遷之脆弱度，故若預測數據要變得更準確，應改善氣候模型的準確度。另一個限制是現有道路基礎設施和社會脆弱度圖資年份問題。此研究可應用到規劃中的道路計畫，然而，要準確預測未來幾十年社會經濟利益的轉變是很困難的。因此必須有更多研究了解道路基礎設施和社經發展間的關係，提供更多潛在趨勢的成因，以提高成本效益(定性和定量)分析的準確度。

本研究初步以定量評估的方式，提供整合後之有調適策略與無調適策略之投資結果(含成本項目)，以及明確的投資策略或行動計畫/方案。就決策者的願景來說，擬定優先順序執行調適策略有助於正面的投資，亦可適用於現況乃至於未來的脆弱度控制，使建設之長期生命週期管理更為完善。

2.資料來源：

Amy Schweikert, Paul Chinowsky, Xavier Espinet ” Targeted Adaptation Strategy: Reducing Climate Change Impacts by Integrating Social Vulnerability Analyses and Climate- Resilient Infrastructure Adaptation ”, EPOC 2014 Conference.

6.2.3 氣候變遷情況下鋼軌挫屈之原因預防與因應

今年六月，台鐵莒光號與自強號先後在花蓮因鋼軌彎曲(挫屈, Rail Buckling)而出軌，造成人員傷亡。據報導，當時鋼軌溫度高達攝氏 64 度，因此氣溫如何影響軌道營運安全，而政府單位又該如何因應，便再次成為民眾關注的課題。

澳洲 2008 年軌道標準將挫屈定義為『由於氣溫或鋼軌錯位所產生的應力造成的鋼軌線型突變，通常需要限制列車行車速度方能安全行駛。』而所謂『鋼軌錯位』是指『由於熱產生的應力超過道碴阻力，以致鋼軌產生局部橫向位移與線型扭曲』，如圖 6.2-10。



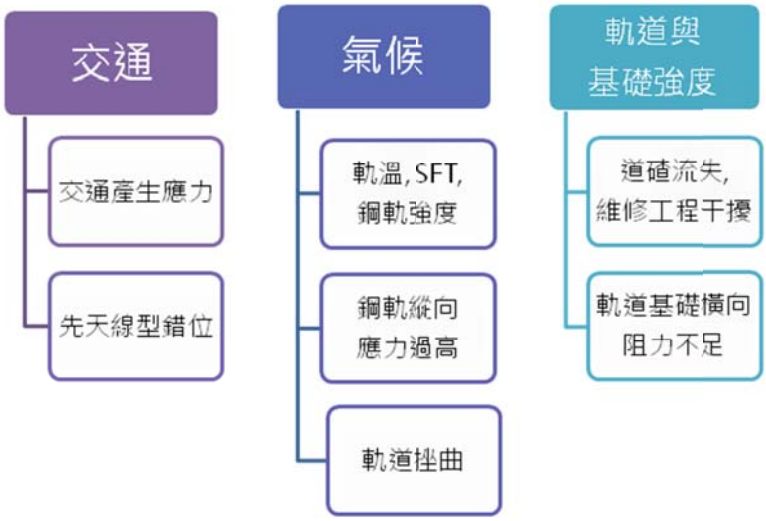
Climate Change Effects on the Land Transport Network Volume 2: Approach to Risk Management, New Zealand Transport Agency Research Report 378, 2009.

圖 6.2.10 鋼軌挫屈

1. 挫屈發生原因

簡單來說，挫屈形成原因就是天氣過熱與軌道基礎橫向阻力不足。 由於鋼軌熱脹冷縮， 微量的位移可以靠鋼軌與其地基(枕木、道碴或混凝土板)的扣件或橫向阻力加以鎖定。但若位移超過地基所能鎖定的上限，則鋼軌會因而產生線型錯位，若錯位嚴重，可能造成火車出軌。連續焊接之鋼軌(Continuous Welded Rail)由於其易於產生較大位移，最常發生挫屈損害。

綜整挫屈形成原因，可見圖 6.2-11。



Ahmad,S., Mandal, N., Chttopadhyay, G., Track Stability Management, Part 1 – Literature Review: Theories and Practices, CRC for Rail Innovation, Brisbane, Australia, 2009

圖 6.2.11 軌道挫屈形成原因

2. 挫屈的預測與影響因子

由於鋼軌系統牽涉許多設計元件，而軌道佈設的環境變異性高，再加上高變異性的車輛運行與維修工程施作也都會影響鋼軌承受之應力，使得挫屈預測成為一相當複雜的課題。以下簡單說明一般考量因素及其影響。

最簡單的挫屈的預測是用迴歸分析來探討氣溫與軌溫的關係，定義門檻軌溫與氣溫，以便採取管制行動。此方法簡單，因此是最普遍應用的分析方式。但是此方法應僅適用於迴歸分析資料所涵蓋的範圍，其他地方在採用分析式之前應檢討地方適用性。

(1) 軌溫與氣溫

紐西蘭研究(1)指出，軌溫之影響因子包括：

a. 氣溫

b. 太陽高度，時間，緯度

c. 陽光照射時間長度

d. 鋼軌走向，南北向者曝曬面較東西向者為大，故溫度偏高

e. 雲層厚度

f. 地形，由於風能散熱，空曠地區或填土段軌溫可能較挖土路段低

g. 陰影密集處軌溫較低。

由於影響因子眾多，物理分析模型均非常複雜。英國 Hunt 君於 1994 年(3)提出兩個簡單運用迴歸分析得到之實驗公式來定義軌溫與氣溫的關係如下：

$T_{rail} = 1.5 * T_{air}$　　晴天　　(1)

$T_{rail} = T_{air} + 17$　　陰天　　(2)

其中

T_{rail} = 軌溫 (°C)

T_{air} = 氣溫 (°C)

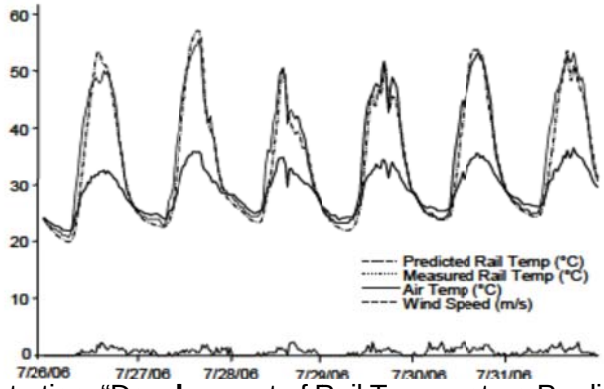
近年來各國鐵路公司也採用類似公式如表 6.2-9。

表 6.2-9 各鐵路公司使用之軌溫預測公式

鐵路單位	國家	關係式
美國鐵路管理署(2010) BNSF 公司(2004)	美國	冷天 $T_{rail} = T_{air}$ 熱天 $T_{rail} = T_{air} + 16.6$
加拿大太平洋鐵路公司(2010)	加拿大	
Network Rail (2006)	英國	$T_{rail} = T_{air} + 18$
Transnet 貨運(2007)	南非	$T_{rail} = 1.64 * T_{air} - 8$

Ahmad,S., Mandal, N., Chttopadhyay, G., Track Stability Management, Part 1 – Literature Review: Theories and Practices, CRC for Rail Innovation, Brisbane, Australia, 2009

此外，在軌溫預測部分，也有運用學理發展應用的。 美國鐵路管理署(Federal Railroad Administration)於 2008 年發展軌溫預測模式，經由熱傳導能量平衡理論以及有限元素法來估算鋼軌在陽光曝曬下的最高軌溫。FRA 在軌道旁建立一移動式氣候觀測站，兩支鋼軌上均裝置軌溫偵測器。FRA 在三處軌道搜集氣候與軌溫相關資料，以建立軌溫預測模型。該模型可相當正確預測軌溫，如圖 6.2-12 所示。



Federal Railway Administration, “Development of Rail Temperature Prediction Model” Research Result, RR08-06, 2008

圖 6.2.12 氣溫與軌溫

(2) 零應力軌溫(SFT)與挫屈門檻軌溫(CRT)

零應力軌溫(Stress-Free T emperature, S FT, 又稱 Neutral Rail Temperature, NRT)是軌道強度之重要指標，它是指鋼軌不受應力之溫度。挫屈軌溫是指軌溫超過 SFT，當軌溫產生的膨脹應力升高，軌道延長到軌道與基礎不能保持原有線型，便有挫屈現象發生。此時的軌溫，稱為挫屈門檻軌溫 (C ritical Rail Temperature, CRT)。挫屈軌溫受許多因素影響，如:

a.鋼軌裝置時之錯位

b.基礎提供之橫向阻力

c.道碴枕木之摩擦力

d.縱向阻力

e.鋼軌物理特性(含 SFT)

f.扭力阻力

g.軌道水平曲線曲率

h.基礎夯實度

i.其他因素

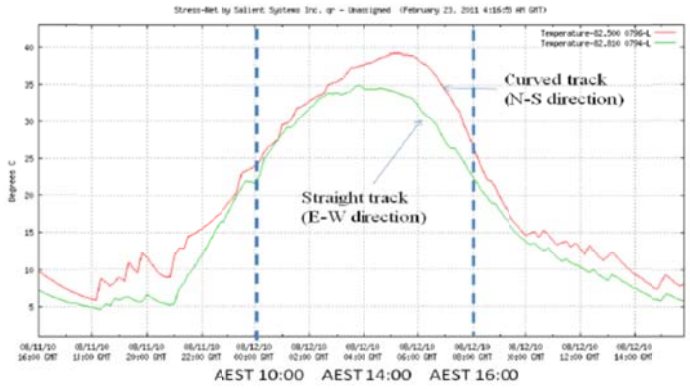
SFT 是影響 CRT 之重要因子。 鐵路剛修築時 SFT 一般是接近施築裝置鋼軌時的氣溫(也有特別於設計溫度下施築)，但當鋼軌經過日曬雨淋，交通負荷，以及維修工程的執行，使得軌道與其基礎(枕木，道碴等)逐漸鬆散，則軌道之 SFT 逐漸降低，對熱脹冷縮的應變力也因而降低。過去的資料顯示：

a.SFT 會因時間而逐次遞減

b.有水平曲率之鋼軌 SFT 降低幅度較直線段為大

c.鋼軌表面維修工程過後會短期降低 SFT

圖 6.2-13 顯示軌道曲直或走向對一日中軌溫的差異.曲線可比直線高約 5°C



Ahmad,S., Mandal, N., Chttopadhyay, G., Track Stability Management, Part 2 – Field Testing and Data Analysis , CRC for Rail Innovation, Brisbane, Australia, 2009

圖 6.2.13 軌道曲直或走向對於軌溫影響

英國 Chapman 君建立挫屈門檻軌溫(CRT)與鋼軌零應力軌溫(SFT)之間的關係如表 6.2-10 所示。

表 6.2-10 英國之門檻軌溫(CRT)

軌道狀況	正常營運	預防措曲減速措施	
		運轉速率 48~96kph	運轉速率 32kph
良好	SFT+32°C S	FT+37°C	SFT+42°C
不佳(道碴不足)	SFT+10°C S	FT+13°C	SFT+15°C

Climate Change Effects on the Land Transport Network Volume 2: Approach to Risk Management, New Zealand Transport Agency Research Report 378, 2009.

由表可知，英國在正常狀況下，門檻軌溫較 SFT 約高 32。C，也就是說，若 SFT 是 30。C，則鋼軌在狀況良好情況下有 32。C 的安全膨脹溫差，當軌溫達到 62。C，則有可能會因挫屈造成出軌。但若道碴不足，鋼軌路基並不良好，則僅有 10。C 的安全膨脹空間。也就是說，軌溫若僅 40。C，鋼軌就有可能會有不合標準的彎度。但若是限制運轉速率在 48~96kph，則有 13~37 。C 安全膨脹溫差，而甚至若限

速低於 32kph，則安全溫查幅度對於狀況良好的軌道，軌溫 72°C 才會危險，而若道碴不足，則 45°C 就是挫屈的門檻值。

根據以上研究，紐西蘭選擇以下列公式來估計門檻軌溫

CRT = SFT+13°C　軌道道碴不足　(3)

CRT = SFT+45°C　軌道狀況良好　(4)

Chapman 君的研究估算炎熱時之軌溫約為氣溫之 1.5 倍，根據公式(1)，若 SFT=30°C，則門檻氣溫

$T_{threshold}$ = C RT/1.5

=(SFT+13 °C)/1.5 = 29°C

也就是氣溫 29°C 時該啟動速率管制，因此，營運單位應於高溫季節開始之間重新調整道碴與扣件，以鎖緊鋼軌，維持鋼軌的線型。但由於鋼軌裝置環境與交通負荷變異性高，所以各路段知鋼軌 SFT 降低速率均不相同，鐵路單位很難全面掌握所有設施之 SFT，故仍要採用安全係數來訂定速率管制之門檻氣溫。

3. 挫屈之預防

在鋼軌特性中影響挫屈發生最關鍵的因子就是 SFT。SFT 隨時間與軌道情況而逐漸減少，然而掌握全路網的 SFT 成本過於高昂，故一般鐵路公司都是採用一個安全因子來估算 SFT。此外，對於形成挫屈的應力加強管理，加以道班檢測，制定熱天預防程序與速率管理。說明如下：

(1) 軌道維護-管理軌道縱向應力部分

a.改變 SFT 設計值

SFT 通常式軌道建置時的氣溫，但也可調整鋼軌溫度，提高 SFT，減少挫屈風險。通常軌道工程師會將 SFT 選擇在地方最高溫與最低溫平均值再加 5°C，這樣在冬天氣溫降低時鋼軌不致無法承受冷縮而裂開的風險。

b.調整鋼軌長度

當鋼軌縱向應力過高，可將扣件解開，鋸斷一小段鋼軌，再將扣件繫回，以減少縱向應力。

c.考量剎車與加速產生之應力

GHD(9)估計，車頭在剎車時，會將 25%的載重轉變為縱向應力，相當於每一車軸會產生減少 3.46°C SFT 的效果(60kg 鋼軌& 26 公噸軸重)。這種現象在下坡或彎道最為明顯。

d.考量鋼軌爬行與錯位

鋼軌在縱向爬行位移或曲線錯位都會造成 SFT 的降低。一般鐵路公司每半年到一年間至少會做一次每 500 公尺軌道的檢修，若有連續枕木位移或道碴拱起，都是鋼軌爬行的徵兆。另外，木製的枕木比混凝土較容易有爬行的現象。

e.天氣過熱時避免軌道維修

由於軌道維修過後，會有短暫時間橫向阻力減少，導致 SFT 降低，因此在氣溫高達 32°C 以上一般鐵路公司會暫時避免維修軌道。

(2) 軌道維護- 保持橫向阻力部分

軌道之橫向阻力通常是依枕木、道碴與扣件之鎖定強度而定。軌道維護工程如道碴搗固，鋼軌線型調整與道碴更換翻新等常因破壞了枕木、道碴與扣件之相互鎖定強度而將橫向阻力降低約 40-60%，大大增加軌道錯位的風險，尤其是連續焊接鋼軌，所受影響最大。

一般而言，在施作此類道碴干擾性工程之後，通常使用動力軌道穩定器來夯實道碴，以回復其橫向阻力，經重覆使用，回復值約可達 40%。

(3) 道班檢視

基本上有關挫屈的道班檢視是要檢查如表 6.2-11 之各種情況，包含：

a.軌道基本狀況

b.是否有受熱應力的徵象

c.針對軌到受力較大處(曲線，煞車區，豎曲線底部，無遮蔭，南北走向等)檢察鋼軌受力情況

道班檢視頻率視軌道狀況而定，也會在天氣轉熱之前做完整的檢視。通常是訂定一氣溫門檻值，超過此門檻值則進行檢修。而經驗顯示，每年初進入夏季時比較容易發生挫屈現象，故檢視頻率應在初夏最頻繁，而氣溫門檻值也可逐次漸漸調高。

表 6.2-11 各大鐵路公司爲預防挫屈檢視項目

檢視項目	QR (澳洲 2008)	Rail Corp (澳洲)	Rail Industry Safety & Standards Board (2010)	UIC (國際鐵路聯盟 2005)	Network Rail (英國 2006)	FRA (美國 2010)
鋼軌錯位	*	*	*	*	*	
線型曲線中含直線	*	*	*			
曲線向內或向外位移	*					
鋼軌調整失當	*	*	*			
道碴不足或擠壓向上	*	*	*	*	*	
枕木情況	*		*		*	
軌道結構變換處	*		*			*
近期施作軌道維修處	*		*			
過去挫屈發生處	*	*	*			
豎曲線最低點	*		*			*
豎曲線最高點			*			
煞車區			*			*
過去鋼軌損壞處						*
新銲接處						*
鋼軌爬行徵象	*		*			*

Ahmad,S., Mandal, N., Chttopadhyay, G., Track Stability Management, Part 1 – Literature Review: Theories and Practices, CRC for Rail Innovation, Brisbane, Australia, 2009

(4) 過熱天候之緊急預防措施

澳洲 QR(2008)訂定道班檢視之門檻氣溫，而 ARTC(2006)當氣溫達 38°C 就會檢視所有銲接鋼軌路段，另外澳洲 Rail Corp 會加強檢視設置在木質枕木的區段。Rail Industry Safety & Standards Board (RISSB)規定氣溫到達檢視門檻值時，延誤不得大於 7 天。英國 Network Rail 在炎

熱季節會雇用臨時員工來監測軌溫。當氣溫預測氣溫會突然大幅升高時，RISSB 會定期檢視所有高風險路段。澳洲 ARTC 建議道碴要有 400mm 路肩，來維持軌道穩定。

天氣炎熱時避免更換枕木等會減少枕木與道碴阻力之維修作業。

(5) 速率管制

表 6.2-12 說明各鐵路公司對於其轄區內之鐵路所採用的氣溫與軌溫門檻值，以及為預防挫屈出軌的速限。由表可知，氣溫越高，則所定速限就會大幅降低。另外木質枕木區段之速限會比混凝土枕木區段之速限為低。

表 6.2-12 各鐵路公司轄區採用之氣溫與軌溫門檻值與速限

轄區	速率管制氣溫門檻值	推估速率管制門檻軌溫	SFT 設計值	鋼軌應力(溫差)	木質枕木區段速限(km/h)		混凝土枕木區段速限(km/h)	
					電聯車	其他	電聯車	其他
QR (2008)	38 55		38	17	80	60	120	120
	40 57			19	60	40	60	60
Network Rail (英國 2006)	36 53		27	26	72/144			
	41 58			31	48/96			
Rail Corp. (澳洲 2010)	35(夏-秋)	52 35		17				
	38(夏)	55		20				
	43 60			25	檢察現行速率			
ARTC (澳洲)	38 55		35	20				
	43(混凝土枕木	60 35		25				
Amtrak (美國)	49							

Ahmad,S., Mandal, N., Chttopadhyay, G., Track Stability Management, Part 1 – Literature Review: Theories and Practices, CRC for Rail Innovation, Brisbane, Australia, 2009

6.2.4 氣候變遷下歐盟調適策略

1. 摘要

極端氣候對運輸部門與交通設施造成的損失規模逐漸擴大，但過往對於極端氣候事件的研究方向，多集中在運輸部門的減排措施，對於極端氣候脆弱度與調適策略相關研究偏少或研究報告來自美國，故歐盟需要一份針對本地特性需求的地區研究分析。在此背景之下，歐盟提出兩項調適策略的重要計畫：WEATHER 計畫與 ROADAPT 計畫，本文整理各計劃的架構流程與調適策略評估重點；WHEATHER 計畫於 2009~2012 年執行，並將調適策略相關研究會整到 WP4 調適策略報告中；ROADAPT 計畫於 2013~2014 年執行，導入快速掃視法以取代傳統氣候資料蒐集評估時，採用地毯式搜索過於耗費人力物力的問題。

2. 緣起

近年來，關於極端氣候事件保險理賠案件數量急遽攀升，其災害規模與頻率也逐漸擴大，但過往對於極端氣候事件的研究方向，多集中在運輸部門的減排措施對策研擬與可行性研究，對於極端氣候脆弱度與調適策略相關研究偏少。歐盟會員國的國家調適議程與聯合國政府間氣候變化專家小組(IPCC)第四次評估報告(AR4)，雖然提供指示性措施與全球行動領域，但進一步具體影響與措施提供證據都來自美國研究報告，故歐盟需要一份針對本地特性需求的地區研究分析。

因此，為了減少極端氣候造成的經濟成本損失，與蒐集氣候事件對運輸系統潛在損害知識，以及確認執行調適措施的相關益處，歐盟國家研擬的「WEATHER」計畫(Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, 2009~2012 年)因應而生，其核心目標是確立氣候變化對於運輸系統造成的實際影響程度與經濟成本潛在損失，以研擬調適策略與緊急應變管理因應措施，該計畫參與國家有德國、希臘、法國、義大利、奧地利、瑞士等，其中以德國扮演最重要的角色。

另一個歐盟調適策略較近期的研究案為「ROADAPT」計畫(Roads for Today, Adapted for Tomorrow, 2013~2014 年)，其沿襲「RIMAROCC」(Risk Management for R oads in a C hanging Clim ate, 2009~2010 年)的風險評估指

南之分析架構，並加入快速掃視(QuickScan)元素，核心目標是評估氣候變化對道路的衝擊程度，以提供更細緻的脆弱度與社會衝擊評估之調適策略，該計畫主要參與國家有德國、丹麥、挪威與荷蘭。

(1) 歐盟 WEATHER 計畫

WEATHER 計畫從經濟角度分析極端氣候事件對交通系統的影響，其核心目標是確立氣候變化對於運輸系統造成的實際影響程度與經濟成本潛在損失，以研擬調適策略與緊急應變管理因應措施。其總體目標通過七個子目標詳述：(1)建立極端事件嚴重度與頻率對關鍵部門與社會福利影響程度的動態模式；(2)評估運輸系統脆弱度元件與損害成本；(3)制定維護運輸系統運作的創新有效的災難管理機制；(4)建立合適有效調適策略以減輕極端氣候衝擊及其對運輸設施的影響；(5)確定政府與不同企業間扮演的角色清楚溝通與明顯區分；(6)評估因地制宜訂定的脆弱性標準、危機預防性措施和調適策略的合宜性；以及(7)透過計畫成果加強宣導民眾對受極端氣候影響的運輸系統的了解。

WEATHER 計畫擬定六個具體執行方法以達成計畫目標：(1)蒐集文獻；(2)舉辦專家、利益相關者與政策制定者共談研討會；(3)彙整專家組成的國際小組帶來的貢獻；(4)發展小尺度統計區域氣候預測模型；(5)開發模擬動態模型；(6)核算設施建設成本與經營費用；以及(7)多標準成本效益分析。

遵循上述目標與執行方法準則，其研究可交付成果可以分成七份工作報告(work packages)：WP1 氣候趨勢與經濟影響、WP2 運輸系統脆弱度、WP3 危機處理與緊急應變策略、WP4 調適策略、WP5 監理誘因與創新、WP6 案例分析與 WP7 政策建議。其中，針對氣候變遷歐盟之調適策略可參考「WP4 調適策略」報告，以下介紹 WEATHER 計畫的架構與流程以及調適策略與評估。

① WEATHER 架構與流程

WEATHER 計畫風險評估架構如圖 6.2-15 所示。

由此可知，歐盟在架構上有明確的目標，完整的風險研析方法，惟歐盟所辦理的是經濟性的研究，目的為探討氣候變遷下各會員國會有哪些重要設施會有較高的經濟風險，而由於歐盟各國相互依存度高，故某些重要設施足以影響全歐洲或是大區域的運輸與經濟，以利及早開始各會員國間氣候變遷政策之協調工作。

由於探討範圍廣大，WEATHER 研究並不特別發展敏感度指標，而是依據過去災害造成的損害，直接估算氣候變遷可能造成之損失成本。由於風險成本含有較高的不確定性，故各相關會員國應及早開始探討氣候變遷政策，並辦理後續脆弱度研究，更重要的是考量如何納入預算審議行政體系與各會員國間成本分攤的機制。

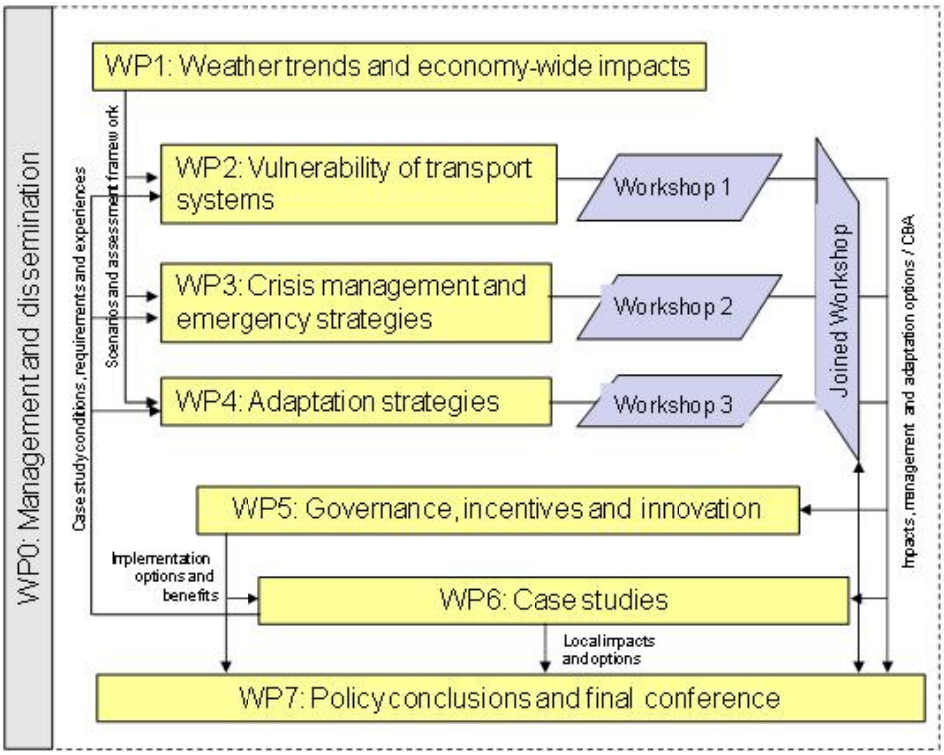


圖 6.2.14 歐盟 WEATHER 計畫研究成果工作報告關聯性

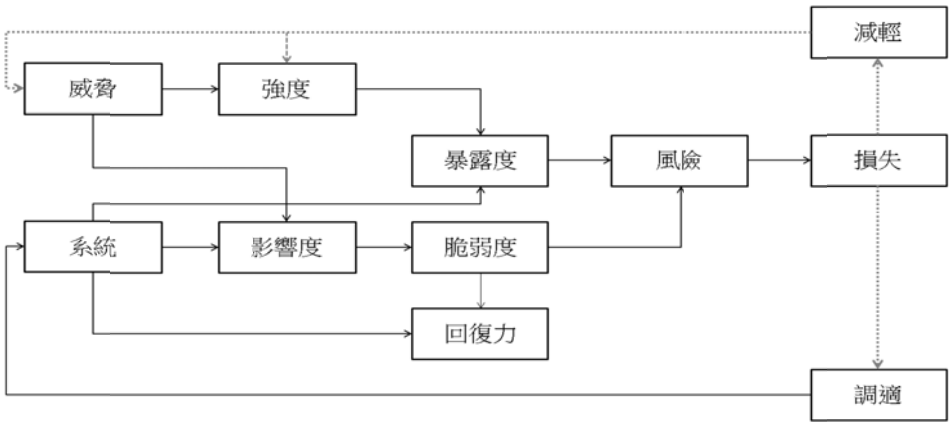


圖 6.2.15 歐盟 WEATHER 計畫風險評估架構

② 調適策略與評估

a. 調適策略

根據歐盟完成之運輸部門「WP4 調適策略」報告，所採用的調適策略可分為運輸與土地空間規劃、設施技術管理、車輛技術與通訊系統與服務營運等部門。其中，歐盟所檢視各部門相關調適策略彙整於表 6.2-14~6.2-17。

表 6.2-13 調適策略部門與措施議題

調適策略部門	措施議題
1.運輸與土地空間規劃	1.1 一般性的防護措施
	1.2 運輸路網規劃
2.設施技術與管理	2.1 誘因與資訊
	2.2 監督與維護
	2.3 建設投資
3.車輛通訊技術系統	3.1 偵測與通訊
	3.2 車輛工程
4.運輸服務與營運	4.1 提高災難整備
	4.2 運輸系統間協調合作
	4.3 系統建置

b. 調適評估

在調適評估部分，歐盟研究判定一般標準的成本效益分析方法將不可行，主要是因為成本效益資料從缺，而估算常需要更深入的規劃與設計方可達到目的；再者，氣候變遷規劃年期達四、五十年，要比一般規畫期更為遙遠，那樣的年期，各種社經預測都趨於模糊與不確定。歐盟採用多準則評估方法，研究團隊訂定五類評估準則，採用定量分級方式加以評估，以納入決策支援體系。評估準則與分級簡述於表 6.2-18。

該研究結論，強調將調適策略納入長期運輸發展計畫推動執行之重要性，並對於車輛技術與營運服務兩方面均給予較高的評分，也就是說，除了設施本身設計調整之外，運用 ITS 系統技術與營運管理部份，也有許多可以著力的措施，可作改善災害應變與調適。

表 6.2-14 歐盟的調適策略－運輸與土地空間規劃部門

措施	運輸系統	氣候類型	適用區域	影響
一般性的防護措施				
防止高風險地區都市化（設置保護區）	所有	所有	所有	都市化地區，特別是高密度區域
一般的洪災防護措施(堤防與壩)	道路	暴雨	所有 1. 海岸與河岸地區 2.對於地層下陷地帶的衝擊更高	
路網設計				
高風險地區道路線型改善規劃	道路	所有	歐盟	整個歐洲道路路網
將氣候變遷衝擊納入公路與鐵路路網規劃與決策支援體系：評估與執行方法建立	公路與鐵路	暴雨、乾旱、霜雪	法國	所有路網
非高風險地區道路線型配合調整	道路	全部	全部	
排定路網改善優先性	道路	全部	全部	所有路網
提高道路鋪面養護之效率	全部	降雨	全部	非都市化地區

表 6.2-15 歐盟的調適策略－設施技術與管理部門

措施	運輸系統	氣候類型	適用區域	影響
誘因與資訊				
提供政策誘因以提高調適措施實施之優先性	所有	所有	所有	整個歐洲鐵路路網，(所有的歐盟人民可因為這些規範獲益)
預測道路未來氣候條件	道路	所有	歐盟	整個歐洲道路路網
建置使用者通訊、監測與預警系統	道路	所有	歐盟	整個歐洲道路路網
安裝自動化監測系統	鐵路	乾旱、暴雨、霜雪	所有	整個歐洲城際鐵路網 (所有的歐盟鐵路網，總長度約二十一萬公里)
監測舊地鐵系統的溼度與溫度	大眾運輸	乾旱	區域(舊路網)	阻止可能危害到車輛與乘客的極端濕度與溫度：嚴重時可能導致地鐵因情況無法控制而關閉

表 6.2-15 歐盟的調適策略－設施技術與管理部門(續)

措施	運輸系統	氣候類型	適用區域	影響
監督與維護				
鋪面的維護	道路	全部	歐盟	整個歐洲道路路網
道路旁側的植栽管理	道路	全部	歐盟	整個歐洲道路路網
加強預防性維護行動	鐵路	全部	全部	減少設施系統故障 減少設施損毀
軌道的植栽管理	鐵路	乾旱、暴雨	全部	整個歐洲城際鐵路網(所有的歐盟鐵路網，總長度約二十一萬公里)
橋樑、隧道的氣候調適設計	道路	全部	歐盟	整個歐洲道路路網
排水設施的設計與養護	道路	暴雨	全部	整個歐洲道路路網
建設投資				
採用聚合物與纖維路面材料以增強鋪面強度	道路	全部	歐盟	整個歐洲道路路網
發展因應氣候變遷的彈性道路鋪面設計規範	道路	全部	歐盟	整個歐洲道路路網
提升邊坡與路堤穩定度	道路	暴雨	歐盟	整個歐洲道路路網
軌道道岔保護措施：洗刷、熱化、掩蓋	鐵路	霜雪	北歐、中歐、東歐	減少因冰雪導致的鐵路誤點 增加電力消耗
行控中心的設計與防護	鐵路	暴雨	全部	減少損毀成本 若鐵軌僅有少許損壞的加速修復連接
防護電子設備之環控設施（如空調與風扇）	鐵路	乾旱	伊比利亞半島、法國、中歐、東歐	減少信號與其它電子設備在乾熱時段的故障

表 6.2-16 歐盟的調適策略－運輸服務作業部門

措施	運輸系統	氣候類型	適用區域	影響
提高災難整備				
建置鐵路和地鐵車站進口之防水閘門	鐵路、大眾運輸	暴雨	英國	防止車站進水而關閉,特別是暴雨洪水的情況
緊急物流供應鏈規劃	道路、全部	全部	全部	加強對於眾多危機的安全處理
彈性調度車隊管理：拖曳車與物流管理	道路	全部	全部	所有路網、安全供給
制定緊急服務排程表	鐵路、大眾運輸、航空	全部	全部	鐵路、大眾運輸、航空：減少因減班誤點造成的延滯與不可靠度
對駕駛與物流管理者的教育訓練	道路	全部	全部	增進整備事宜與有效率的危機管理
設施的包裝設計/維護、	鐵路	霜雪	北歐	現有設施與資產
規劃緊急聯絡人員與客戶名冊並定期更新	全部	全部	全部	及時將災害期間服務影響資訊傳達給相關人員與客戶
合作關係與結構				
合作夥伴公司（水平式）	道路	全部	全部	加強災害管理 轉換競爭關係
政府、事業、客戶之間的垂直合作	道路	全部	全部	提高整個供應鏈回復能力(需大量協調機制)
系統設計				
彈性的車隊管理	道路	全部	全部	更多簡易災難管理,但可能造成標準狀況時效率降低

表 6.2-17 歐盟的調適策略－車輛通訊技術部門

措施	運輸系統	氣候類型	適用區域	影響
偵測與通訊				
Car2X 通訊：GPS/TMC 等車間與車路間通訊系統	道路	全部	全部	增進運輸安全與運輸系統作業效率，以減少因氣候現象導致的延滯
交通標誌辨識與剎車穩定控制系統	道路	全部	全部	減少因氣候現象導致的延滯
使用 GSM-R 的車載單元	鐵路	暴雨	歐盟	安全、事故
工程				
整合車輛能源效率與熱能管理之概念	大眾運輸	全部(特別是霜雪、乾旱、暴雨)	區域	在車輛設計階段引入能源效率與熱能管理之最佳整合性設計
熱能管理/防滑控制/轉移重心	大眾運輸	全部(特別是霜雪、乾旱、暴雨)	英國	
改善通風系統	鐵路	乾旱	歐盟	潛在影響人口(每個平常日有超過 300 萬的旅次)

表 6.2-18 歐盟採用之調適策略評估準則

評估準則	分級	說明
效益	0~3	災害風險減輕程度
可行性	0~3	民眾接受度與技術成熟度
系統彈性	0~3	對於不同災害強度的調適彈性
社會與環境衝擊	-3 ~+3	對於環境與社會造成之衝擊
成本	$	生命週期成本（可能無法預估）

(2) ROADAPT 計畫

在 2013~2014 年間，歐盟會員國成員德國、丹麥、挪威與荷蘭的研究組織另外推出 ROADAPT 計畫，其承襲歐盟各國已熟稔的 RIMAROCC 架構，再精進更細緻的脆弱度與社經衝擊評估調適策略。

①ROADAPT 架構與流程

以下介紹 ROADAPT 採用的 RIMAROCC 架構，以及導入快速掃視法後的整體流程。

a. 採用 RIMAROCC 架構

RIMAROCC 計畫在 2009~2010 年間執行，目的在發展一套統一的評估氣候變遷對道路損害的風險分析與管理方法。RIMAROCC 風險管理架構從規劃到實際作法共包括七個關鍵步驟，各步驟為一個不斷改善的循環過程，步驟間並非完全獨立，在維持此架構下，部分步驟可在同時間進行，並反饋至前一個步驟；圖中綠色箭頭表示步驟過程須不斷的與利益相關者、專家學者持續溝通。

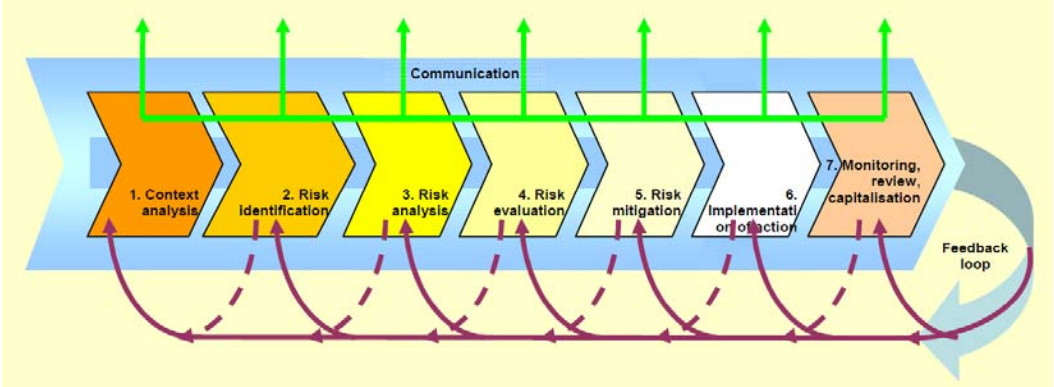


圖 6.2.16 歐盟 RIMAROCC 關鍵七步驟

RIMAROCC 由關鍵七步驟與 22 個子步驟組成，可以協助道路管理者判斷氣候變遷風險的優先處理順序。

表 6.2-19 歐盟 RIMAROCC 關鍵步驟與子步驟

關鍵步驟	子步驟
1.背景分析	1.1 建立整體背景
	1.2 針對特定分析尺度建立背景
	1.3 針對各種尺度分析建立風險標準與門檻
2.風險辨別	2.1 識別風險來源
	2.2 識別脆弱度
	2.3 識別可能的後果
3.風險分析	3.1 建立風險年表和應用情境
	3.2 訂定風險衝擊
	3.3 評估事件
	3.4 提供風險概述
4.風險評估	4.1 風險優先級
	4.2 比較氣候風險與其他種類的風險
	4.3 決定哪些風險是可被接受的

表 6.2-19 歐盟 RIMAROCC 關鍵步驟與子步驟(續)

關鍵步驟	子步驟
5.風險緩解	5.1 識別選項
	5.2 評估選項
	5.3 與資助機構談判
	5.4 申請行動計畫
6.執行行動計畫	6.1 針對各級單位發展與執行計畫
	6.2 執行調適計畫
7.監控、重新規劃與資本化	7.1 定期監測檢核
	7.2 新資料或執行延期之重新規劃
	7.3 氣候事件回報和實施進展經驗之資本化

b. 導入快速掃視方法

ROADAPT 計畫導入快速掃視方法，以解決 RIMAROCC 某些步驟需要地毯式搜索耗費太多人力物力與時間。快速掃視法(QuickScan)取代了 RIMAROCC 七個關鍵步驟中的步驟 1~4(分析背景、風險辨識、風險分析、風險評估)，改由專家小組決定公路脆弱度風險高的路段。在快速掃視評估後，再針對風險度極高的項目，循環啟動 RIMAROCC 架構之步驟 1~4，以獲得深入的數據分析資料，再往下執行步驟 5 之風險緩解，此快速掃視法將適用於所有歐盟國家。

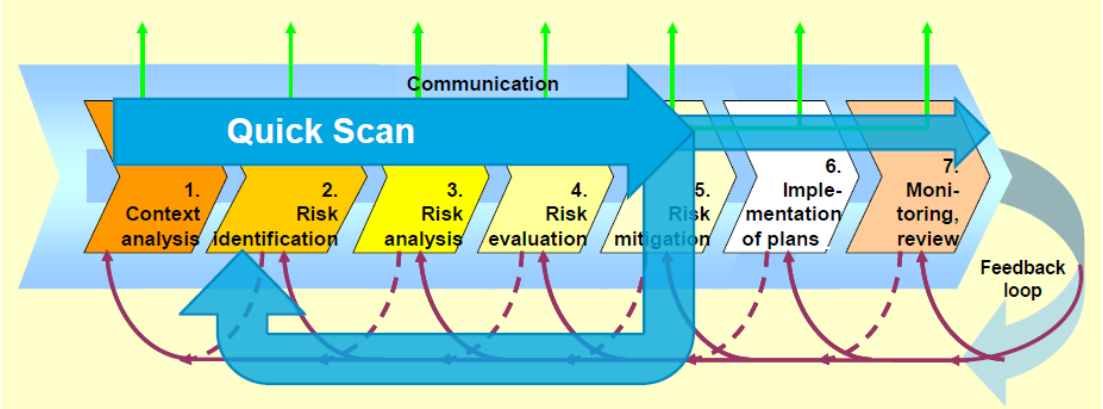


圖 6.2.17 歐盟 ROADAPT 之快速掃視架構與流程

②調適策略與評估

辦理專家學者座談會是 ROADAPT 計畫的核心，檢視既有的數據、背景知識與相關經驗，經過專家學者審慎討論評估後，以最少的資源獲得最大的對策，快速凝聚焦至威脅性高的運輸系統上。

a. 辦理專家學者座談會

前後總共辦理三場專家學者座談會，每場半天之意見交流活動。第一場衡量氣候變化對道路的衝擊後果；第二場主要決定高風險地區與發生機率；第三場針對高風險地區研擬配套的調適行動方案。

b. 建立氣候資料參數

通過專家學者座談會與參考資料或文獻回顧，將影響道路的主要氣候參數，建立各種風險尺度氣候資料參數，如圖 6.2-18 所示。

c. 建立半量化風險評估關聯表

根據氣候變化對道路衝擊的相關威脅與風險來源，依照威脅、氣候資訊、脆弱度因子與衝擊順序，透過半量化風險評估方法繪製關聯表格，以圖 6.2-19 為例，洪水事件對道路產生的威脅可能會因為氣候變化而產生不同衝擊強度與頻率。

d. GIS 輔助道路脆弱度評估

最後將脆弱度評估成果呈現在 GIS 視覺化地圖上，使用者可以透過跨歐洲運輸路網地圖(Trans-European Transport Networks, TEN-T)上搜尋路段的脆弱度，如圖 6.2-20 所示。

Weight	Climate event affecting roads	Critical climate parameter	Amount of change compared to 1961-1990 period (++, +, +/-, -, --)	Availability of predictions: qualitative, quantitative or impossible	Certainty of predictions: *Virtually certain* > 99% probability of occurrence, *Extremely likely* > 95%, *Very likely* > 90%, *Likely* > 66%, *More likely than not* > 50%, *Unlikely* < 33%, *Very unlikely* < 10%, *Extremely unlikely* < 5% (IPCC legend)	Geographical resolution (grid size / resolution for which it can be used)	Time Horizon (when will it happen?)	Available data / models
4	Extreme rainfall events (heavy showers and long rain periods)	➢ Max. intensity in [mm/h] and [mm/24h]	Intensity: + Frequency: ➢ North Eur. + ➢ South Eur. ?	Qualitative	Likely	Extremes are only visible on small grids. 50 km (difficult to use smaller grids).	Some statistical evidence of trends; happening today	Regional models + local expertise
4	Seasonal and annual average rainfall	➢ Average amount [mm/ 3 months]	Sum. / Wint. North Eur.: +/- / ++ South Eur.: -- / -	Quantitative	Sum. / Wint. North Eur.: L / VL South Eur.: VL / L	Main signal perceptible for 250 km grid, but can be refined locally (50 km) to get more locally based averages	Already observed.	Global IPCC models + regional ENSEMBLES
4	Sea level rise (long-term effect)	➢ Rise [m]	++ 21th Cent.: (0.2 to 0.6m)	Quantitative	> 0.2m is virtually certain	Global but not uniform (may vary	Already observed	IPCC scenarios

圖 6.2.18 運輸部門之各種風險尺度氣候資料參數

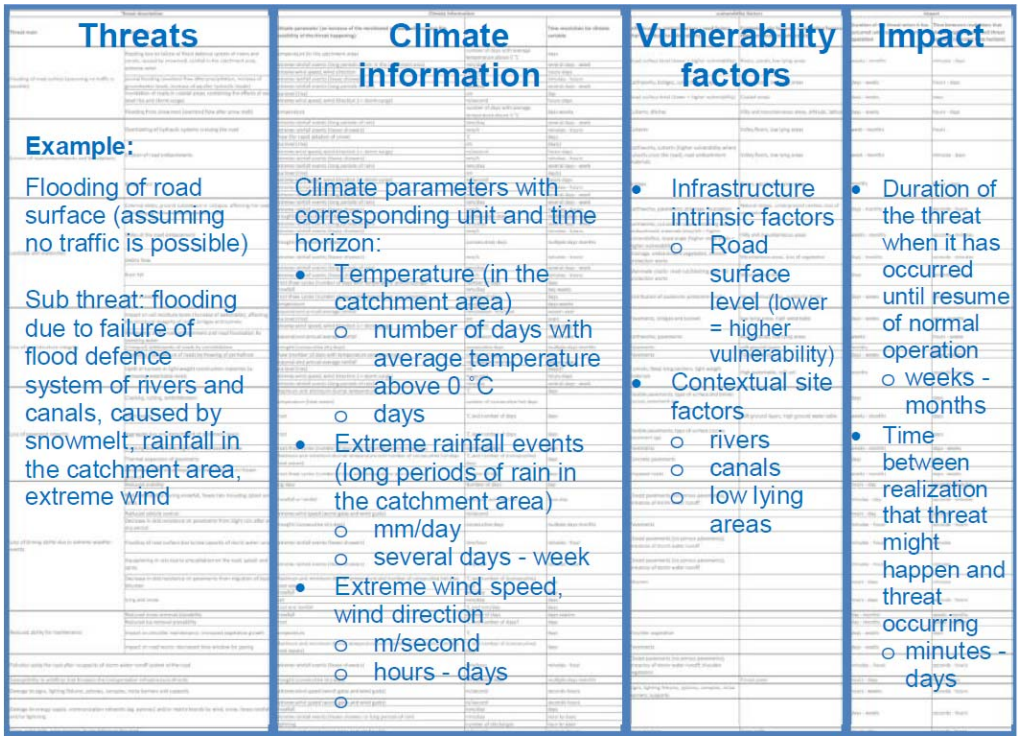


圖 6.2.19 氣候事件半量化風險評估關聯概念

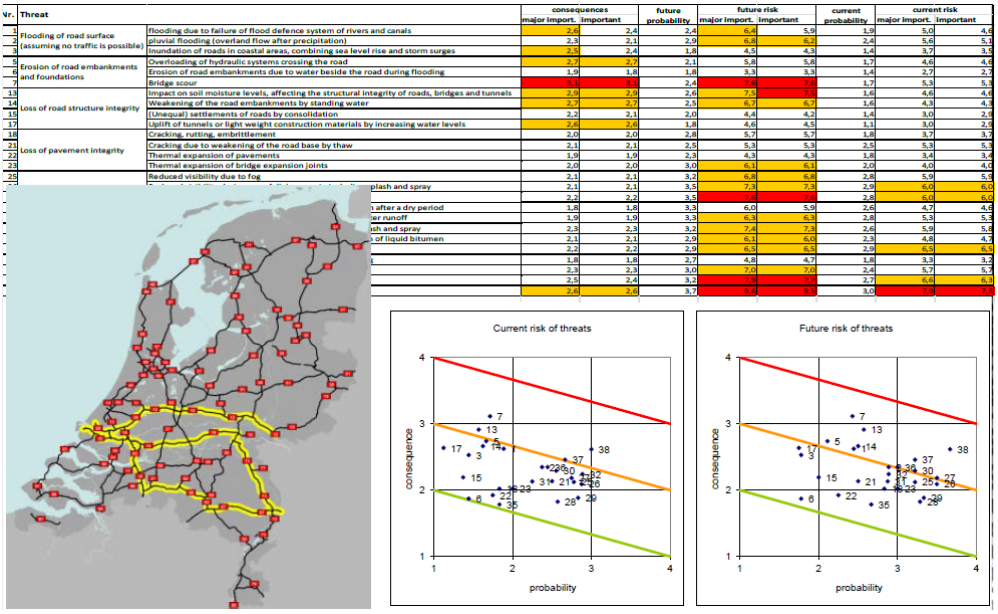


圖 6.2.20 GIS 輔助道路脆弱度評估

3. 結論

歐盟 WHATHER 計畫所辦理的是經濟性的研究，目的為探討氣候變遷下各會員國會有哪些重要設施會有較高的經濟風險，而由於歐盟各國相互依存度高，故某些重要設施足以影響全歐洲或是大區域的運輸與經濟，以利及早開始各會員國間氣候變遷政策之協調工作。

由於探討範圍廣大，WEATHER 研究並不特別發展敏感度指標，而是依據過去災害造成的損害，直接估算氣候變遷可能造成之損失成本。由於風險成本含有較高的不確定性，故各相關會員國應及早開始探討氣候變遷政策，並辦理後續脆弱度研究，更重要的是考量如何納入預算審議行政體系與各會員國間成本分攤的機制。

氣候變遷規劃年期達四、五十年，要比一般規畫期更為遙遠，那樣的年期，各種社經預測都趨於模糊與不確定。歐盟採用多準則評估方法，研究團隊訂定五類評估準則，採用定量分級方式加以評估，以納入決策支援體系。

WP4 調適策略報告研究結論，強調將調適策略納入長期運輸發展計畫推動執行之重要性，並對於車輛技術與營運服務兩方面均給予較高的評分，也就是說，除了設施本身設計調整之外，運用 ITS 系統技術與營運管理部份，也有許多可以著力的措施，可作改善災害應變與調適。

另一個歐盟調適策略較近期的研究案為 ROADAPT 計畫，其沿襲 RIMAROCC 的風險評估指南之分析架構，並加入快速掃視元素，核心目標是評估氣候變化對道路的衝擊程度，以提供更細緻的脆弱度與社會衝擊評估之調適策略。

RIMAROCC 風險管理架構從規劃到實際作法共包括七個關鍵步驟，各步驟為一個不斷改善的循環過程，步驟間並非完全獨立，在維持此架構下，部分步驟可在同時間進行，並反饋至前一個步驟。

ROADAPT 計畫導入快速掃視方法，以解決 RIMAROCC 某些步驟需要地毯式搜索耗費太多人力物力與時間。快速掃視法取代了 RIMAROCC 七個關鍵步驟中的分析背景、風險辨識、風險分析、風險評估，改由專家小組決定公路脆弱度風險高的路段。

辦理專家學者座談會是 ROADAPT 計畫的核心，檢視既有的數據、背景知識與相關經驗，經過專家學者審慎討論評估後，以最少的資源獲得最大的對策，快速聚焦至威脅性高的運輸系統上。

4. 資料來源

Weather Extremes: A ssessment of Impacts on Trans port S ystems and Hazards for European Regions, Proj ect funded under the 7th framework programme of the European Commission, 2012.

Deltares, ROADAPT: Roads for today, adapted for tom orrow guidelines, CEDR Call 2012, road owners adapting to climate change, 2015.

SGI, Risk Management for Roads in a changing climate, A guidebook to the RIMAROCC method, 2010.

Thomas Bles, et. al., Climate ch ange risk assessm ents and ada ptation for roads - results of the RO ADAPT project, Transportation Research Procedia 14 (2016) 58-67, 2016.

International Practices on Climate Ad aption in Transportation, Finding from a virtual review, Synthesis Report, FHWA, January, 2015

http://www.adaptationclearinghouse.org/resources/european-road-authorities-ey-climate-risk-assessment-tools-rimarocc-and-roadapt-projects.html

http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/weather_en.htm

第七章 結論與建議

本所自 102 年起開始推動鐵公路調適研究系列計畫，本(105)年度延續前期所建立評估機制，強化風險評估指標，主要研究成果包括：(1)精進評估指標資料，主要新增納入設施里程、設施型式(平面、高架或隧道)、邊坡分級、設施年期，並考量淹水深度對於交通影響，調整危害度分級；(2)依據檢討後之評估指標產製新的鐵公路風險地圖，並與歷史災點比對，其中淹水 80%、坡災 76%符合危害度中以上路段。各系統氣候變遷 200 年情境下風險路段占整體路段比例，淹水(省道 17.8%、快速道路 27.0%、臺鐵 15.4%、國道 4.6%、高鐵 2.1%)、坡災(省道 27.4%、快速道路 0.6%、臺鐵 5.9%、國道 3.0%、高鐵 3.9%)； (3) 擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台，新增指標自選權重、指標數值修改功能，及更新風險地圖資訊。本期結論與建議說明如下：

7.1 結論

1. 文獻回顧

(1) 鐵公路調適措施及案例

①由歐洲與美國對風險與脆弱度的研究中，可發現各級政府在研究範疇、目標訂定與技術研究所扮演的角色不同，中央政府單位工作在於調適政策的具體化，而地方政府與道路主管機關則著重工程分析與方案落實。文獻中亦可看出各國由區域逐漸轉向基礎設施，以及各階段技術評估的重點與後續工作連續的重要性。

②本計畫整合各相關單位之研究成果與數位化資料，做為探討氣候變遷風險的基礎，並於研究過程中徵求各相關單位工程師與維修人員意見，與其他先進國家推動方式相近(如:歐盟 WEATHER 計畫、墨西哥灣研究)。

③臺灣為海島型氣候，近年來飽受極端氣候襲擊之苦，氣候變遷衝擊，已不是高未定性的議題。因此，未來工作重點應強調調適策略的推動與執行，並應儘速將設施脆弱度指標列入預算審議機制，

每年編列調適預算，針對最高脆弱度者加強監測，並辦理設施補強工作，以降低災害損失。

④在預算審議機制部分，可參考紐約州做法，將設施回復力包含在預算審議的 5 個評估因子中，即須考量 SMART(Safety, Mobility, Accessibility, Resilience& Transportation/Environment) 安全、機動性、可及性、回復力，以及運輸與環境等五種改善指標。

(2) 氣候變遷調適資訊平台

①各大平台在氣候變遷資訊的提供上有許多相似的地方，包含風險評估之基礎知識與相關名詞定義、各單位之研究成果彙整、氣候變遷調適新聞、會議資訊與借鏡案例、數據下載、模擬風險與建議調適計畫等。

②各平台所提供之氣候變遷調適資料主要以脆弱度評估為主要評估因子,因應各調適領域衍生出其他影響因子如敏感度、耐災度、適應力等，並透過權重、函數或半定量風險分析圖等工具，評估氣候變遷的風險等級，並據以提出各領域的調適策略。

③國家災害防救中心災害潛勢網站之「天然災害潛勢地圖」，發佈可能發生災害之地區,並標示出災害可能衝擊影響的範圍,例如：土石流災害潛勢、淹水災害潛勢等，而交通部公路總局 Safe Taiwan 平台整合多面向圖資於平台上,眾多圖資皆與本計畫氣候變遷調適有關，可在未來進行平台更新時進行整合與參考。

④由於氣候變遷衝擊面向廣泛，國外之平台多開發或彙整若干工具、研究成果、案例、準則等，可指引各部門、各領域氣候變遷相關脆弱度或風險評估以及擬定調適計畫，透過整合多種工具擴大操作及使用平台之使用者。

2. 強化風險評估方法與指標

(1) 前期評估方法檢討

①由於都會區交通量與產值均較高，選出之高風險路段易傾向於都會區附近道路，而山區道路容易低估風險。

②對於設施本身建造型式未納入考量，以至於高架路段被列為高淹水風險路段。

③經濟因素固然重要，但找出僅因天候與地形地質等因素，而不考量交通量等因素之危險路段仍然有參考價值。

(2) 鐵公路主管機關需求與資料訪談

①設施安全性：經由彙整各單位資料後，在設施安全性中，邊坡分級資料屬於各單位之共通點，皆採 A 危險~D 較安全分級，無邊坡或無疑慮路段則無分級，故本期計畫以此作為路段分級之主要依據；設施安全性在淹水災害之認定標準，雖曾嘗試以巡查管理系統或設施資料庫中資料進行判定，但尚未尋找到適合資料。

②預警應變作為：各單位多已建立預警應變機制與作業流程，但在風險評估中需尋找具有差異性之資料，以提供判別不同路段之風險差異，前期計畫以監測設備所在點位做為判定依據，本計畫依訪問與資料蒐集結果，對於重點監控路段，有設定高於一般路段之應變機制；另外公路總局在台 9 等路段，開始透過區域簡訊廣播技術，讓民眾可選擇其他替代道路通行；高鐵在強降雨預報達一定強度後，也會採取預防性停駛，降低風險。依前述原因本期將重點監控路段與有進行特別預警作為之路段，在預警應變作為指標中反映。

(3) 氣候變遷情境設定

未來年(2020~2039 年)之情境背景採用未來能源供需平衡之 AR4-A1B 溫室氣體排放情境，並參考國家災害防救科技中心(NCDR)執行之臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(TCCIP)之現況年(1980~1999 年)與未來年(2020 年~2039 年)之統計降尺度，搭配不同頻率分析氣候變遷之重現年期。

①情境 1(現況 50 年降雨頻率之重現年)：取現況 50 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 104 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

②情境 2(現況 100 年降雨頻率之重現年)：取現況 100 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 104 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

③情境 3(現況 200 年降雨頻率之重現年)：取現況 200 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 104 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

④情境 4(未來 50 年降雨頻率之重現年)：取現況 100 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 120 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

⑤情境 5(未來 100 年降雨頻率之重現年)：取現況 200 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 120 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

⑥情境 6(未來 200 年降雨頻率之重現年)：取現況 500 年重現年降雨模擬結果之淹水/坡災潛勢，與 120 年產值、交通量，以及設施現況進行風險評估。

北部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	647	731	826
北部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	751	838	935

南部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	702	778	854
南部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	742	814	885

中部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	582	651	721
中部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	670	743	816

東部地區	基期 重現50年	基期 重現100年	基期 重現200年
降雨量(mm)	579.7	628	674
東部地區	未來 重現50年	未來 重現100年	未來 重現200年
降雨量(mm)	632	683	733

(4) 評估方法強化

①延續前期評估方法，並參考鐵公路管理機關訪談意見，調整部分危害度中高以上對應之風險等級。包括：危害度中低脆弱度中之風險等級設定為中低；危害度中低脆弱度高之風險等級設定為中；危害度中高脆弱度之風險等級設定為中；危害度中高脆弱度中之風險等級設定為中高。

②原評估方法中脆弱度各指標計算方式，皆依脆弱度低至高，分別給予 1 至 5 級分，但在審查會議中，委員提出設施調適能力名詞屬於正向，設施調適能力等級高，易解讀為設施調適能力佳，因

此將原本負向表述之設施調適能力各指標，包含設施安全性、替代道路數、預警應變作為，皆改為正向表述，亦配合上述調整，在計算脆弱度時，需要將設施調適能力指標之等級，進行轉換調整。

③原有之計算公式，因各指標間視為權重相同，故採用平均方式說明評估方法，而配合設施主管機關有效益型/公平型不同計畫考量，對於各計算公式中，皆加入權重概念，公式：

- 淹水/坡災風險 ＝f (淹水/坡災危害度, 脆弱度)
- 淹水/坡災危害度 ＝f (淹水/坡災潛勢,淹水/坡災設施型式)
- 淹水/坡災脆弱度= Round(潛在影響程度×W6+(6-淹水/坡災設施調適能力)×W7)
- 潛在影響程度 = Round(產值×W1 + 交通量×W2)
- 淹水/坡災設施調適能力 =Round(淹水/坡災設施安全性×W3+淹水/坡災預 警應變作為×W4+替代道路數×W5)

  其中，

  W1:產值在潛在影響程度權重，預設 0.5

  W2:交通量在潛在影響程度權重，預設 0.5

  W3:設施安全性在設施調適能力權重，預設 0.33

  W4:預警應變作為在設施調適能權重，預設 0.33

  W5:替代道路數在設施調適能力權重，預設 0.33

  W6:潛在影響程度在脆弱度權重，預設 0.5

  W7:設施調適能力在脆弱度權重，預設 0.5

(5) 風險評估指標精進

①危害度：淹水危害度考量一般汽車在 0.3 公尺以下仍可行駛，當淹水高度在胎面 3/4 高度時，已有進氣口進水(約為 0.5 公尺)之風險，然而現有掌握資料無法將 0.3~1 公尺分級再進行分級，故先將原本 2 級分之 0.3~1 公尺分級調整為 3 級分，1 公尺以上視為 5 級分；鐵路不同路段其設計高程有所差異，但基本之高程皆在 1 公尺以上，但 1 公尺以下，已有路基流失疑慮，並已達到鐵路運行規則中慢行標準，因此仍將淹水分級同公路方式調整。尚無法

取得所有設施高程與地形高程差異資料，因此，仍以設施型式作為危害度等級調整判定。

②產值：以本所城際需求模式預測之 120 年及業人口成長量，推算產值變化，作為未來年產值指標分析之基礎。並同時考量現況與未來年產值分布狀況，以資料統計分佈之「離散程度」，極端值各占 10~15%，中間 3 級距以均等概念切分，約各佔 25~35%，進行等級界定及取整數操作。

③設施安全性(淹水)：以設施設計年期作為分級依據，以公路排水設計規範頒布與修訂年期 1987、2001 和 2009 年作為分級界定，並以 2021 年計畫之調適未來年作為設施安全提升之分界年度；鐵路依據鐵路修建養護規則首頒與修訂年期 1960、1981、2006 作為分級界定，同公路以 2021 年計畫之調適未來年作為設施安全提升之分界年度。鐵路修建養護規則調整次數較多，排除輕微調整者後，僅選擇 1981 和 2006 年，此兩年因規範調整有進行大幅條文擴增。

④設施安全性(坡災)：各設施單位之邊坡分級為設施安全指標。

⑤預警應變作為：透過監測系統所在區位，依監測設備類別分為淹水與坡災之差異，另外將重點監控路段納入，並給予有主動通報民眾者較高之級分。

3. 鐵公路風險地圖產製

(1) 風險地圖處理流程

依循風險評估方法，將風險評估分為危害度與脆弱度兩個面向，面向下的評估指標透過 GIS 空間量化與矩陣運算產製危害度、脆弱度、風險地圖。

(2) 風險地圖分析

①國道淹水風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 中熱點路段全臺總累計長度約 27.4 公里，以分布於臺南市仁德區、永康區與臺南市東區的國 1 路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 63 公里，主要分布於嘉義縣太保市、臺南市仁德區的國 1、嘉義縣水上鄉的國 3 等路段。

②國道坡災風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 中熱點路段全臺總累計長度約 23.1 公里，以分布於苗栗縣造橋鄉與頭屋鄉的國 1、新竹縣寶山鄉的國 3 路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 35.1 公里，分布於臺北市內湖區的國 1、基隆市七堵區與高雄市田寮區的國 3、新北市石碇鄉的國 5 與高雄市燕巢區的國 10 等路段。

③快速公路淹水風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 中熱點路段全臺總累計長度約 84.1 公里，以分布於桃園市大園區與嘉義縣東石鄉的台 61、彰化縣埔心鄉的台 76 等路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 214.8 公里，分布於雲林縣口湖鄉、新竹市香山區、臺中市大安區與清水區的台 61 等路段。

④快速公路坡災風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全臺總累計長度約 4.9 公里，其中以分布於苗栗縣後龍鎮的台 72 路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 1.2 公里，分布為基隆市七堵區的台 62 路段。

⑤省道淹水風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全臺總累計長度約 284 公里，以分布於臺中縣西屯區的台 12、桃園市大園區的台 15、花蓮縣壽豐鄉的台 9、雲林縣口湖鄉、嘉義縣東石鄉與臺南市北門區的台 17 等路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 513.5 公里，主要分布於屏東縣枋山鄉、新竹市香山區的台 1、南投縣草屯鎮的台 14 與臺中市清水區台 17 等路段。

⑥省道坡災風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全臺總累計長度約 869 公里，分布於高雄市桃源區、臺東縣海端鄉的台 20、花蓮縣秀林鄉、臺中市和平區的台 8、南投縣仁愛鄉的台 14 甲等路段居多，而在情境 6 下新增熱點路段約 354.5 公里，分布於高雄市桃源區、臺東縣海端鄉的台 20、南投縣信義鄉的台 21、宜蘭縣大同鄉的台 7 與臺中市和平區的台 7 甲等路段。

⑦臺鐵淹水風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全臺總累計長度約 26.4 公里，分布於宜蘭縣礁溪鄉的宜蘭線、花蓮縣光復鄉、壽豐鄉的東部幹線與屏東縣林邊鄉的屏東南迴線等路段居多，在車站部分，風險中高以上等級之熱點，分別為造橋車站、

三姓橋車站、保安車站等 3 處。而在情境 6 下新增熱點路段約 122.9 公里，主要分布於西部幹線的新竹市香山區與臺中市烏日區、西部幹線海線的臺中市大肚區等路段，此外，在臺鐵車站部分，風險中高以上等級之熱點新增共計 29 處。

⑧臺鐵坡災風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全臺總累計長度約 37.8 公里，其中以分布於宜蘭縣南澳鄉與花蓮縣秀林鄉的北迴線、臺東縣太麻里鄉的屏東南迴線等路段居多，在車站部分，風險中高以上等級之熱點共計 6 處。而在情境 6 下新增熱點路段約 0.7 公里，分布在宜蘭縣蘇澳鄉的北迴線、屏東縣獅子鄉與臺東縣太麻里鄉的屏東南迴線等路段，在車站部分，風險中高以上等級之新增熱點為花蓮縣壽豐鄉志學車站。

⑨高鐵淹水風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全臺無熱點路段，而在情境 6 下新增熱點路段約 7.3 公里，主要分布新北市板橋區、臺北市的中正區、信義區等六個區域，此外，在高鐵車站部分，風險中高以上等級在情境 6 熱點新增 2 處分別為新竹站與臺中站。

⑩高鐵坡災風險中高以上等級之熱點路段，在情境 1 熱點路段全臺總累計長度約 12.8 公里，路段主要分布於苗栗縣的造橋鄉、通霄鎮與頭份市、新竹縣的寶山鄉與新竹市的東區等五個區域，而在情境 6 下中風險中高以上等級路段新增熱點路段約 0.7 公里，主要分布苗栗縣的通霄鎮、頭份市與新竹縣的寶山鄉等 3 個區域，而在高鐵車站部分，於情境 1、情境 6 中各車站坡災風險皆未達中高等級。

(3) 風險地圖驗證

藉由案例路段檢視風險地圖成果，以確認評估結果與現況是否相符，在案例選擇部分，分別針對省道與鐵路篩選部分路段進行檢視，路段之選擇，省道透過本所「氣候變遷運輸系統風險評估案例分析」計畫(105 年)中所針對路段現勘與訪談結果，瞭解各路段調適作為與現況；鐵道則透過行車安全 6 年計畫與流域綜合治理計畫中選出案例路段，進行風險地圖成果檢視。相關案例說明下：

①蘇花公路 115K+800：透過型框植生護坡，以防落石網方式處理零星落石區，近 2 年 115K+800 無災情發生，邊坡分級也從 A 調整為 D 級。從風險評估方法檢視，該地區屬於地質脆弱地區，設施安全性由低提升為中高後，可反映在設施安全指標之提升上，風險由高降為中高。

②臺鐵花蓮壽豐路段：以情境 3 淹水風險地圖檢視，在現況年該路段經花東雙軌與電氣化等計畫後，其設施安全性已有所提升，因此在現況年雖然該地區淹水危害度高，但整體評估風險為中高等級；在未來淹水治理改善後，其危害度降低為中，其風險將可降低至中等級。

4. 擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台

因應設施主管單位之風險評估需求，以及提供指標回饋修改管道，擴充 2 項新功能，包括使用者自選評估指標權重、評估指標資料數值修改。

(1) 使用者自選評估指標權重：提供查詢選單讓使用者可以自行依決策需求，組合評估指標項目權重，預先計算給予潛在影響程度和設施調適能力不同權重，共分為 1:0、0.25:0.75、0.5:0.5、0.75:0.25、0:1，共 5 種權重組合。

(2) 評估指標資料數值修改功能：提供設施主管機關對於平台風險指標之意見回饋管道，使用者填報後，經本所再次向主管機關確認後，評估回饋至風險地圖修正。

5. 教育訓練與成果發表

(1) 教育訓練

①期中階段於 105 年 6 月 17 日辦理公路與鐵路各 1 場次教育訓練，與會單位包括本所、公路總局、高公局、國工局、高鐵公司、鐵工局、高鐵局、臺鐵局。會中就氣候變遷運輸系統風險評估計畫之背景、風險評估方法及應用案例進行說明，透過案例研討方式，實際操作資料平台功能查詢，會後進行意見調查，作為平台功能精進之參考。

②期末階段配合風險評估方法更新、平台開發(自選權重、指標修改)時程，於 105 年 11 月 23 日辦理教育訓練，針對風險評估與平台

成果說明，包括單機、平台之操作，邀請鐵公路主管機關與交通部路政司、管理資訊中心。

(2) 本計畫成果除發表於國內外研討會外，亦將文獻蒐集成果撰寫成專題報導。

表 7.1-1 成果發表

類別	題目
ICTPA 2016	鐵公路設施氣候變遷脆弱度評估機制與工具開發
CECAR7	Developing a GIS- based Tool for Evaluating Adaptation Strategies for Highway and Rail Facilities in Taiwan
專題報導	「聯合國氣候綱要公約第 21 次締約國大會暨京都議定書第 11 次締約國大會(COP21/CMP11)」氣候變化調適規劃方針與實踐
	目標性的調適策略：整合社會脆弱度分析和富含氣候回復力的基礎設施調適措施以降低氣候變遷衝擊
	熱浪造成鐵軌挫屈之調適策略
	國外運輸設施調適策略之借鏡

資料來源：本計畫彙整。

7.2 建議

1. 本計畫成果結合風險管理機制予以落實

本計畫完成之調適風險地圖可作為鐵公路主管機關研擬調適策略之基礎，建議後續可推動成立「交通設施氣候變遷風險管理推廣小組」及制定鐵公路主管機關分工研擬細部風險管理機制實施辦法，更進一步落實氣候變遷風險調適策略與管控。

2. 參考美國紐約州做法，於交通預算審議機制中將設施(建設)調適與風險管理納入預算審議的評估項目之中，有利風險管理與調適策略之推動。

3. 定期更新與檢討風險評估與調適資訊

(1) 考量調適資訊平台之永續使用，需定期追蹤更新風險評估與調適之新知、資訊、方法等，以利相關權責單位之查詢使用。建議每年例行性維運平台之正常運作、更新蒐集國內外氣候變遷作為與新知等資訊；另可配合氣候情境之調整、淹水、坡災等，辦理風險評估地圖檢討修正；對於產值、交通量之更新，建議現況年可每年更新為

前 1 年度數值，未來年則 5 年為 1 期進行調整；邊坡分級、設施新建與改建資訊，則建議 1 年更新 1 次設施安全之變化。

(2) 水利署預計於 106 年發布第三代淹水潛勢圖，建議於 107 年納入調適資訊平台更新及向水利署取得淹水高程模擬數值，可進一步分析探討公路、鐵路於不同淹水高程之分級。

(3) 目前坡災潛勢圖資是利用地調所研究之成果，建議後續可進一步與該所溝通定期更新製作之可能性，以利交通設施及其它維生基礎設施之相關應用。

(4) 針對鐵公路氣候變遷調適資訊平台整體資料更新週期建議，整理如表 7.2-1 所示。

表 7.2-1 資料建議更新週期

指標	項目	建議更新週期	說明
危害度	淹水潛勢	配合水利署淹水潛勢圖更新進度	
	坡災潛勢	配合地調所坡災潛勢圖更新進度	
脆弱度—潛在影響程度	現況產值	1 年	更新前 1 年度
	未來產值	5 年	配合本所城際運輸需求模式更新
	現況交通量	1 年	更新為前 1 年度
	未來交通量	5 年	配合本所城際運輸需求模式更新
脆弱度—設施調適能力	設施安全性	1 年	更新當年度邊坡分級、設施新建與改建資訊
	預警應變作為	1 年	更新當年度設施監測、重點監控、防災減災管理作為
	替代道路數	7 年	配合危害度更新路網

資料來源：本計畫彙整。

4. 本研究風險評估考量淹水與坡災兩種危害度，建議可逐步擴大納入其他氣候變遷導致的危害種類，如海平面上升或高溫等。

5. 基礎圖資整合建議

風險地圖中之路網、里程與設施型式等為基礎圖資之重要資訊，然目前資訊皆分散於不同的單位，如交通部的數值路網圖、內政部的通用版電子地圖與各系統主管機關的里程點位，由於圖資來源與產製基礎不同，圖資套疊與合理性判別困難，建議可於交通部路網數值圖整合提供各系統里程、設施結構等資訊，有利相關單位之業務應用，如國道正辦理里程座標

清查作業，更新後可掌握路堤、路塹之里程資訊；臺鐵邊坡分級於行車安全 6 年計畫將辦理，上述資料之整合可將路網屬性中設施型式新增路堤、路塹，此外里程、高程資料整合有利於圖資運用；而邊坡分級則可納入交通部管理資訊中心 GIS-T 圖資庫中。

6. 各機關資料保存與使用建議

風險評估指標中引用資料來源多仰賴各主管機關，各機關提供的參考資訊部分僅有書面資訊描述，如邊坡分級的路段範圍、監控路段設施座標點位，需另外判斷與數化後才能應用至路網上分析，建議各主管機關對於設施之資訊可建立數化保存與使用機制，有利資料之加值應用，以及減少資料流通與解讀之困難。

參考文獻

參考文獻

1. Federal Highway Administration. Climate Change and Extreme Weather Vulnerability Assessment Framework. (2012).

2. US Department of Transportation, Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructures: The Gulf Coast Study,

   Phase 1 Report (2008).
   Phase 2
   Task 1 Assessing Infrastructure for Criticality in Mobile, Alabama, (September, 2011).
   Task 2 Climate Variability and Change in Mobile, Alabama, (June ,2013).
   Task 3.1 Screening for Vulnerability, (June, 2014).
   Task 3.2 Engineering Assessments of Climate Change Impacts and Adaptation Measures, (August, 2014).
   Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, (May, 2014).
   Assessing Transportation Vulnerability to Climate Change: Synthesis of Lessons Learned and Methods Applied, (October, 2014).

3. New York State Department of Transportation in partnership with the Nature Conservancy, Climate Vulnerability and Economic Assessment for at-Risk Transportation Infrastructure in the Lake Champlain Basin, New York, (December 2015).

4. Caltrans, District 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies, FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, (December, 2014).

5. WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, (2012).
   Deliverable 1: Weather Trends and Economy-wide Impacts, (October, 2011).
   Deliverable 2: Vulnerability of Transport Systems, (June, 2011).
   Deliverable 3: Innovative Emergency Management Strategies, (September, 2011).
   Deliverable 4: Adaptation Strategies in the Transport Sector, (December,

2011).
Deliverable 5: The Role of Governance and Incentives, (April, 2012).
Deliverable 6: Case Studies and Synthesis Report, (February, 2012).
Deliverable 7 WEATHER project Summary and Policy Conclusions, (April, 2012).
6. Federal Highway Administration, International Practices on Climate Adaptation in Transportation, Findings from a Virtual Review, Synthesis Report, (January, 2015).
7. Road ERA Net, RIMAROCC: Risk Management for Roads in a Changing Climate, (June, 2010).
8. CEDR Transnational Road Research Programme, ROADAPT,(Roads for Today, Adapted for Tomorrow),
Integrating Main Guidelines, (May, 2015).
Guideline Part C: GIS-aided Vulnerability Assessment for Roads, (May, 2015).
Guideline Part D: Socio-Economic Impact Analysis, (May, 2015).
Guideline Part E: Selection of Adaptation Measures and Strategies for Mitigation, (May, 2015).
9. Transport Scotland Edinburgh, Scottish Road Network Landslides Study: Implementation", (2008).
10. Caltrans, MTC, Bay Area Rapid Transit. Adapting to Rising Tides-Transportation Vulnerability and Risk Assessment Pilot Project. (2011).
11. IPCC. Climate Change 2014, (2014).
12. Alberta Environment and Sustainable Resource Development. Climate Change Risk Assessment and Adaptation Report: Ministry of Transportation, (2012).
13. Department for Environment, Flood and Rural Affairs. Climate Change Risk Assessment Methodology Report, (2012).
14. The North Jersey Transportation Planning Authority. Climate Change Vulnerability and Risk Assessment of New Jersey's Transportation Infrastructure, (2011).
15. Transportation Research Board. Climate Change, Extreme Weather Events, and the Highway System: Practitioner's Guide and Research Report, (2014).
16. Funtowicz, S., & Ravetz, J., A New Scientific Methodology for Global Environmental Issues. In R. Costanza (Ed.), Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability (pp. 137-152): Columbia University Press, (1991).
17. JICA 地球環境部氣候變動對策室. JICA Climate Finance Impact Tool,

(2011).
18. Committee on Climate Change. UK Climate Change Risk Assessment Methodology Report, (2014).
19. 交通部運輸研究所，重大鐵公路建設氣候變遷調適策略與脆弱度評估指標之研究，102 年。
20. 交通部運輸研究所，重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(1/2)，103 年。
21. 交通部運輸研究所，重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，104 年。
22. 國家氣候變遷調適行動計畫(102-106 年)-維生基礎設施領域行動方案，交通部，103 年。
23. 國家氣候變遷調適政策綱領，國家發展委員會，101 年。
24. 強化台灣西南地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫，經濟部水利署，100 年。
25. 曹鼎志、許志豪、李璟芳、黃春銘、魏倫瑋、李怡德，極端氣候下鐵路災害風險之初探-以南迴線鐵路坡地災害為例，2014 臺灣災害管理研討會，103 年。
26. 陳永明、林李耀、陳亮全，氣候變遷之災害衝擊與調適策略，國家災害防救科技中心，101 年。
27. 陳韻如、林聖琪、王俞婷、李宗融，山區道路崩塌災害潛勢評估，臺灣公路工程，37-1 期，5-24 頁，101 年。

參考網站

1. UNDP，http://www.undp.org/content/undp/en/home.html。

2. 交通部，公路防救災資訊系統，http://bobe168.tw/。

3. 共築方舟-氣候變遷調適入口網站，http://www.tcap.ndc.gov.tw/。

4. 災害潛勢地圖網站，http://satis.ncdr.nat.gov.tw/。

5. 政府間氣候變遷專家小組(IPCC)，http://www.ipcc.ch。

6. 美國加州調適 cal-adapt 平台，http://cal-adapt.com/。

7. 英國氣候變遷知識平台，http://www.naee.org.uk/climate-change。

8. 氣候調適知識交流網，Climate Adaptation Knowledge Exchange, CAKE，http://www.cakex.org/。

9. 科技部，臺灣氣候變遷調適科技知識平台，http://www.taiccat.net/。

10.科技部，臺灣氣候變遷調適科技整合研究計畫，http://taiccat.ncu.edu.tw。

11.中央氣象局，劇烈天氣監測系統，
http://qpesums.cwb.gov.tw/taiwan-html2/indexEa.html。

12. FHWA 調適研究網站，
http://www.fhwa.dot.gov/environment/climate_change/adaptation/。

13. AASHTO 調適網站，
http://climatechange.transportation.org/climate_adaptation/。

14. 歐盟 WEATHER 計畫，http://www.weather-project.eu/weather。

15. 歐盟氣候變遷調適平台網站，http://climate-adapt.eea.europa.eu。

16. 聯合國氣候變化綱要公約調適網站 (UNFCCC). http://newsroom.unfccc.int。

17. 政府間氣候變遷專家小組(IPCC)，http://www.ipcc.ch。

18. 歐盟氣候變遷調適平台網站，http://climate-adapt.eea.europa.eu。

19. 氣候調適知識交流網，Climate Adaptation Knowledge Exchange, CAKE，
http://www.cakex.org/。

20. 國家災害防救科技中心，災害潛勢地圖網站，
http://satis.ncdr.nat.gov.tw/。

21. 公路總局，Safe Taiwan，https://www.safetaiwan.tw/。

22. 科技部，D.M.I.P.災害管理資訊研發應用平台，
http://dmip.colife.org.tw/。

附錄一

風險熱點評估結果

附錄 1　風險熱點評估結果

1. 國道基期風險熱點之分布與評估結果(1/7)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 1	-000K+500、基隆端	基隆市	仁愛區	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	基隆端			高	中	中	中	中高淹水風險
	000K+500~000K+600		安樂區	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	基隆交流道			高	中	中	中	中高淹水風險
	008K+200		七堵區	中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
	八堵交流道、大華系統交流道			高	中高	中	中高	高淹水風險
	五堵交流道			高	中高	中低	中高	高淹水風險
	007K+800	新北市	汐止區	中高	中高	中高	中	**中高坡災風險**
	008K+300~010K+200、汐止交流道			中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
	汐止交流道			高	中高	中	中高	高淹水風險
	中山高速公路高公局匝道		泰山區	中	高	中低	高	中高淹水風險
	五股交流道		五股區	高	高	中	中高	高淹水風險
	內湖交流道、堤頂交流道	臺北市	內湖區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	台北交流道、環北交流道		士林區	高	高	中	中高	高淹水風險
	圓山交流道		中山區	高	高	中	中高	高淹水風險
	環河北路交流道		大同區	高	高	中	中高	高淹水風險

1. 國道基期風險熱點之分布與評估結果(2/7)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 1	119K+100~119K+200、119K+500~119K+600、121K+200~121K+400、122K+100~122K+200、122K+500~122K+600	苗栗縣	造橋鄉	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	119K+300~119K+400、119K+700~121K+100、121K+500~122K+000、122K+300~122K+400、122K+700			高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	122K+800~124K+300、124K+900~125K+200		頭屋鄉	高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	124K+400~124K+800			中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	125K+400~125K+500、125K+900、頭屋交流道			高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
	頭屋交流道			高	中低	中	中	中高淹水風險
	西螺交流道	雲林縣	西螺鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	斗南交流道、雲林系統交流道		斗南鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	民雄交流道	嘉義縣	民雄鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	嘉義系統交流道		水上鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	新營交流道	臺南市	新營區	高	中	中	中	中高淹水風險
	永康交流道		永康區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	茄苳交流道		東區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	仁德系統交流道、台南交流道		仁德區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	下營系統交流道		下營區	高	中	中	中	中高淹水風險

1. 國道基期風險熱點之分布與評估結果(3/7)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 1	大雅交流道	臺中市	大雅區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	王田交流道		大肚區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	台中交流道、南屯交流道		西屯區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	中壢交流道、內壢交流道	桃園市	中壢區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	平鎮系統交流道		平鎮區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	幼獅交流道		楊梅區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	林口交流道		蘆竹區	高	高	中低	高	高淹水風險
	桃園交流道			高	中高	中低	中高	高淹水風險
	北斗交流道	彰化縣	埤頭鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	員林交流道		溪湖鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	彰化交流道		彰化市	高	中高	中	中高	高淹水風險
	埔鹽系統交流道		埔鹽鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	竹北交流道	新竹縣	竹北市	高	高	中低	高	高淹水風險
	新竹交流道		寶山鄉	高	高	中低	高	高淹水風險
	岡山交流道	高雄市	燕巢區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	高科交流道		阿蓮區	高	中高	中	中高	高淹水風險
國 2	大竹交流道	桃園市	大園區	高	高	中低	高	高淹水風險
	大園交流道			高	中高	中	中高	高淹水風險
	南桃園交流道		桃園區	高	高	中	中高	高淹水風險
	機場系統交流道		蘆竹區	高	中高	中	中高	高淹水風險

1. 國道基期風險熱點之分布與評估結果(4/7)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 3	002K+100~002K+600、003K+500~003K+900、005K+200、006K+400~007K+700	基隆市	七堵區	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	002K+700~002K+900、003K+300~003K+400、004K+100~005K+100、005K+300~005K+500、瑪東系統交流道			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	基金交流道		安樂區	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	008K+800~008K+900	新北市	汐止區	中高	中高	中高	中	**中高坡災風險**
	汐止系統交流道			中高	高	中	中高	**中高坡災風險**
				高	高	中	中高	高淹水風險
	新台五路交流道			高	中高	中	中高	高淹水風險
	安坑交流道		新店區	高	高	中	中高	高淹水風險
	095K+600~096K+300	新竹縣	竹東鎮	高	中高	中	中高	**高坡災風險**
	096K+400~097K+700		寶山鄉	高	中高	中	中高	**高坡災風險**
	097K+800~098K+000			中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
	竹林交流道		芎林鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	230K+500	南投縣	南投市	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	231K+800~231K+900			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	南投交流道			高	中	中	中	中高淹水風險
	232K+000~232K+100		中寮鄉	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	中興交流道、中興系統交流道、草屯交流道		草屯鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
	名間系統交流道		名間鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	竹山交流道		竹山鎮	高	中	中	中	中高淹水風險

1. 國道基期風險熱點之分布與評估結果(5/7)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 3	竹崎交流道	嘉義縣	民雄鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	中埔交流道		中埔鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	水上系統交流道		水上鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	官田系統交流道	臺南市	官田區	高	中	中	中	中高淹水風險
	善化交流道		善化區	高	中	中	中	中高淹水風險
	新化系統交流道		新市區	高	中	中	中	中高淹水風險
	田寮交流道	高雄市	田寮區	高	中低	中	中	中高淹水風險
	382K+800~383K+800		燕巢區	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	384K+100		旗山區	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	384K+200			中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	大溪交流道	桃園市	大溪區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	龍潭交流道		龍潭區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	大鵬灣端	屏東縣	林邊鄉	高	中低	中低	中	中高淹水風險

1. 國道基期風險熱點之分布與評估結果(6/7)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 3	林邊交流道	屏東縣	林邊鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	竹田系統交流道		竹田鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	中投交流道	臺中市	霧峰區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	烏日交流道		烏日區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	竹南交流道、西濱交流道、香山交流道	苗栗縣	竹南鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
	通霄交流道		通霄鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	和美交流道	彰化縣	和美鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
	彰化系統交流道		彰化市	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	新竹系統交流道	新竹縣	寶山鄉	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	寶山交流道			高	中高	中	中高	高淹水風險
國 4	015K+900~016K+000	臺中市	豐原區	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	017K+500			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	神岡交流道		神岡區	高	中	中低	中高	高淹水風險
國 5	003K+500~006K+000、石碇交流道	新北市	石碇區	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	006K+500~009K+300			中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	013K+400、014K+000~014K+200		坪林區	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	013K+600~013K+900、014K+100、014K+300、014K+500~014K+800、坪林交流道			中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	宜蘭交流道	宜蘭縣	礁溪鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	羅東交流道		羅東鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險

1. 國道基期風險熱點之分布與評估結果(7/7)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 6	002K+800~002K+900、003K+200~003K+300、003K+800、004K+100、舊正交流道	臺中市	霧峰區	高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	003K+000~003K+100、003K+400~003K+700、004K+000、004K+400			中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	004K+700、004K+900~005K+100、005K+400~005K+800	南投縣	草屯鎮	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	004K+800、005K+200、東草屯交流道			高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	015K+700~016K+100			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	東草屯交流道			高	中	中	中	中高淹水風險
	愛蘭交流道		埔里鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
國 8	台南系統交流道、新市交流道	臺南市	安定區	高	中	中	中	中高淹水風險
	新市交流道		新市區	高	中	中	中	中高淹水風險
國 10	016K+800~017K+100、017K+300~017K+900、019K+000	高雄市	燕巢區	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	017K+200、018K+600~018K+900、019K+100~020K+000、020K+100			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	020K+000~021K+300、021K+500、021K+800~021K+900、燕巢系統交流道		旗山區	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	021K+400、021K+600~021K+700			高	中	中	中	**中高坡災風險**

2. 國道未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(1/2)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 1	001K+600	基隆市	七堵區	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
	001K+700			中高(中)	中	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	004K+500~005K+100、大華系統交流道、五堵交流道			中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**
	006K+400~008K+200			中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	008K+400、009K+500~009K+800	新北市	汐止區	中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	008K+500~008K+600、010K+000~010K+100			中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**
	015K+000~015K+200、015K+400~015K+500、016K+000、016K+100~016K+400、內湖交流道、東湖交流道	臺北市	內湖區	中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	015K+300、015K+800~016K+000			中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**
國 3	002K+500~004K+400、005K+400~006K+500、007K+300~007K+600	基隆市	七堵區	中高(中)	中	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	004K+700~005K+200、006K+900~007K+000			中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
	009K+000~009K+700	新北市	汐止區	中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	010K+000			中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**
	016K+600	臺北市	南港區	中高(中)	高(中高)	中	中高	**中高坡災風險(中)**
	020K+500~020K+600		文山區	中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	233K+100	南投縣	名間鄉	中高	中(中低)	中高	中(中低)	**中高坡災風險(中)**
	376K+700~378K+200	高雄市	田寮區	中高(中)	中低	中	中	**中高坡災風險(中)**
	381K+900~382K+700		旗山區	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**

2. 國道未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(2/2)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
國 3	382K+900~384K+000	高雄市	燕巢區	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
國 3 甲	木柵交流道、萬芳交流道	新北市	深坑區	中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**
國 5	004K+600~006K+000	新北市	石碇區	中高(中)	中低	中	中	**中高坡災風險(中)**
	009K+100			中高(中)	中低	中低	中	**中高坡災風險(中)**
國 6	023K+400	南投縣	國姓鄉	中高(中)	中低	中	中	**中高坡災風險(中)**
國 10	017K+400~017K+800、 018K+100~019K+900	高雄市	燕巢區	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
	017K+900			中高(中)	中	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	021K+200		旗山區	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**

註：括號內係為基期之指標等級(以下表格皆同)。

3. 快速公路基期風險熱點之分布與評估結果(1/5)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 61	024K+600	桃園市	蘆竹區	高	中	中	中	中高淹水風險
	026K+500~036K+700		大園區	高	中	中	中	中高淹水風險
	036K+800~048K+890		觀音區	高	中	中	中	中高淹水風險
	077K+000~085K+500	新竹市	香山區	高	中	中	中	中高淹水風險
	085K+829~087K+200	苗栗縣	竹南鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	089K+900~094K+200			高	中	中高	中	中高淹水風險
	095K+100~096K+500		後龍鎮	高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	100K+500~107K+400			高	中低	中	中	中高淹水風險
	121k+100~126k+900		通霄鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	126k+900~130k+800		苑裡鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	130k+900~135K+400	臺中市	大甲區	高	中	中	中	中高淹水風險
	135K+500~143K+900		大安區	高	中低	中	中	中高淹水風險
	144K+000			高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	145K+300~152K+500		清水區	高	中	中高	中	中高淹水風險
	152K+600~155K+800、 156K+300~156K+400		梧棲區	高	中	中高	中	中高淹水風險
	155K+900~156K+200、 156K+500~157K+400			高	中	中	中	中高淹水風險
	157K+500~160K+700		龍井區	高	中	中	中	中高淹水風險
	180K+200	彰化縣	福興鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	216K+700	雲林縣	麥寮鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	225K+600~232K+000		臺西鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	235K+800~238K+900		四湖鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險

3. 快速公路基期風險熱點之分布與評估結果(2/5)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 61	242K+500~249K+900	雲林縣	口湖鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	257K+800~268K+400	嘉義縣	東石鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	268K+500~279K+000		布袋鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	279K+000~279K+100	臺南市	北門區	高	中低	中	中	中高淹水風險
	279K+200~289K+700			高	低	中	中低	中高淹水風險
	294K+300		將軍區	高	中低	中	中	中高淹水風險
台 62	002K+000~003K+900	基隆市	七堵區	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	005K+100~008K+300			高	中高	中高	中	中高淹水風險
	010K+100~010K+300		暖暖區	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	014K+900	新北市	瑞芳區	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 62 甲	003K+600	基隆市	信義區	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
台 65	000K+600~000K+800	新北市	泰山區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	002K+200~002K+600		新莊區	高	中高	中	中高	高淹水風險
台 66	000K+000~000K+100	桃園市	觀音區	高	中	中	中	中高淹水風險
	009K+300~010K+100、010K+200			高	中高	中	中高	高淹水風險
	009K+200~009K+300、010K+200、010K+300		新屋區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	019K+600~022K+700		平鎮區	高	中	中	中	中高淹水風險
	023K+800~023K+900			高	中	中高	中	中高淹水風險
	025K+200~025K+300			高	中高	中高	中	中高淹水風險
台 68	000K+900~006K+300	新竹市	北區	高	中	中	中	中高淹水風險
	006K+400			高	中高	中	中高	高淹水風險

3. 快速公路基期風險熱點之分布與評估結果(3/5)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 68	006K+500~010K+700	新竹市	東區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	010K+800	新竹縣	竹東鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
	010K+900~013K+800			高	中	中	中	中高淹水風險
	010K+800		竹北市	高	中高	中	中高	高淹水風險
台 72	026k+800~030k+200	苗栗縣	公館鄉	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	030k+300			高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	030k+400		獅潭鄉	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 74	001K+300~001K+400	彰化縣	彰化市	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	001K+600~002K+900	臺中市	烏日區	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	003K+000~004K+400		南屯區	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	004K+500~005K+000			高	高	中高	中高	高淹水風險
	005K+100~005K+900			高	高	中	中高	高淹水風險
	006K+000~007K+200			高	中高	中	中高	高淹水風險
	009K+300~009K+500		西屯區	高	高	中	中高	高淹水風險
	011K+200~014K+400			高	中高	中	中高	高淹水風險
台 74 甲	009K+500	彰化縣	花壇鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
台 76	010K+800~010K+900、014K+800	彰化縣	埔鹽鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	011K+000~014K+300、 014K+400~014K+700、 015K+100~016K+100			高	中低	中	中	中高淹水風險
	014K+300		秀水鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	014K+900		大村鄉	高	中	中	中	中高淹水風險

3. 快速公路基期風險熱點之分布與評估結果(4/5)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 76	016K+200~016K+300	彰化縣	溪湖鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	016K+400~016K+900、 019K+000~020K+400		埔心鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	017K+000~018K+900、 020K+500~022K+300			高	中	中	中	中高淹水風險
	022K+400~022K+600、022K+700			高	中	中低	中高	高淹水風險
	022K+700~026K+000		員林鎮	高	中	中低	中高	高淹水風險
	032K+400~032K+500	南投縣	南投市	高	中	中高	中	中高淹水風險
台 78	000K+900~005K+400	雲林縣	臺西鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	005K+500~010K+800、012K+400		東勢鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	011K+400~012K+000、 013K+500~013K+600		褒忠鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	014K+000~016K+900		元長鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	017K+400~021K+200、021K+500		土庫鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	021K+400~021K+700		虎尾鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	024K+000~026K+000			高	中	中	中	中高淹水風險
	027K+100~027K+700、030K+900、 033K+400~036K+400		斗南鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	029K+800~030K+500、 031K+000~032K+100		大埤鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	037K+100~037K+200		斗六市	高	中高	中	中高	高淹水風險
台 82	009K+900	嘉義縣	東石鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險

3. 快速公路基期風險熱點之分布與評估結果(5/5)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 82	010K+100~013K+500、014K+000~014K+100	嘉義縣	朴子市	高	中低	中	中	中高淹水風險
	013K+600~014K+100、014K+300~015K+400		鹿草鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	022K+400~022K+800、032K+000、033K+900		水上鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	025K+900~031K+900			高	中	中	中	中高淹水風險
	032K+100~033K+800		中埔鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
台 84	014K+700	臺南市	北門區	高	中低	中	中	中高淹水風險
	015K+100~015K+700		下營區	高	中低	中	中	中高淹水風險
	020K+000~020K+300		麻豆區	高	中低	中	中	中高淹水風險
	021K+500~027K+700		官田區	高	中	中	中	中高淹水風險
	036K+500		大內區	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 86	008K+800~010K+200	臺南市	仁德區	高	中高	中	中高	高淹水風險

4. 快速公路未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(1/1)

路名	路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 61	028K+100	桃園市	大園區	高(中)	中高(中)	中	中高(中)	高淹水風險(中)
台 62	001K+900~003K+000	基隆市	七堵區	中高(中)	中	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	004K+500~007K+200			中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
台 66	019K+600~020K+500	桃園市	平鎮區	高(中)	中	中	中	中高淹水風險(中)
	023K+000			高(中)	中高(中)	中	中高(中)	高淹水風險(中)

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(1/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台1	新北市	三重區	003K+500~006K+000、008K+000、009K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
		新莊區	007K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
		泰山區	008K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
			010K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
	桃園市	龜山區	023K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
		桃園區	025K+000、031K+000	高	高	中低	高	高淹水風險
			029K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
		八德區	029K+500~030K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
		中壢區	034K+500~036K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
			037K+000~038K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		楊梅區	049K+000~051K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	新竹縣	湖口鄉	061K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			063K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
		新豐鄉	062K+000~063K+000、064K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			064K+000、065K+500	高	高	中低	高	高淹水風險
		竹北市	066K+000~067K+500	高	高	中低	高	高淹水風險
			068K+000~071K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
	新竹市	東區	071K+500~072K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
			073K+000~074K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		北區	074K+500~075K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			076K+000~076K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(2/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台1	新竹市	香山區	077K+000~078K+500、079K+500~082K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			079K+000、083K+000~088K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
	苗栗縣	竹南鎮	089K+000~089K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			098K+500~100K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		頭份市	096K+000~098K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		造橋鄉	100K+500~101K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			102K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
		後龍鎮	110K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
			111K+000~113K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		西湖鄉	118K+000~118K+500	高	低	中低	中	中高淹水風險
		通霄鎮	123K+500~129K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			133K+000~135K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			136K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		苑裡鎮	139K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
	臺中市	大甲區	144k+000~153k+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			157k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		清水區	160k+000~165K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		梧棲區	166K+000~166K+500、169K+000~170K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			167K+000~167K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			168K+000~168K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		龍井區	170K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(3/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台1	臺中市	龍井區	171K+000~172K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			172K+500~173K+500、204k+000~204k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			174K+000~176K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		大肚區	176K+500~181K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			182K+000~184K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		烏日區	185K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
	彰化縣	彰化市	187k+000~194k+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		花壇鄉	194k+500~200k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		大村鄉	201k+000~203k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		員林鎮	205k+000~207k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		埔心鄉	208k+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		永靖鄉	209k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			210k+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		田尾鄉	215K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		北斗鎮	217K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			217K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		溪州鄉	220K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		埤頭鄉	223K+500~224K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
	雲林縣	西螺鎮	230K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
		莿桐鄉	231K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			231K+500	高	中	中	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(4/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台1	雲林縣	莿桐鄉	234K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		虎尾鎮	237K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		斗南鎮	237K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			239K+000~244K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		大埤鄉	246K+000~246K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
			248K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
	嘉義縣	大林鎮	248K+500~250K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		溪口鄉	253K+000~253K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		民雄鄉	257K+000~260K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			262K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		水上鄉	271K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			275K+500~277K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
	嘉義市	東區	262K+500~263K+000、264K+500~266K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			263K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		西區	268K+000~269K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
	臺南市	後壁區	277K+500、283K+000~285K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			278K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			278K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
		新營區	290K+500~291K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		柳營區	295K+000~296K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		六甲區	299K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(5/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台1	臺南市	六甲區	300K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		官田區	302K+000~303K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			303K+500~309K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		善化區	310K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		新市區	318K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			318K+500~322K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
			322K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
		永康區	323K+000~325K+000、333K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
			329K+000~329K+500	高	高	中低	高	高淹水風險
			330K+000~330K+500、337K+000	中	高	中低	高	中高淹水風險
		仁德區	342K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
			342K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	高雄市	路竹區	355K+500~356K+000	中	高	中低	高	中高淹水風險
		岡山區	356K+500~357K+500、359K+000~359K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
			358K+000~358K+500	高	高	中低	高	高淹水風險
			361K+500~362K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
		橋頭區	362K+500~363K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
			363K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		三民區	377K+000~378K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
		鳳山區	383K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		大寮區	388K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(6/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 1	屏東縣	屏東市	397k+500~398k+000	中高	中高	中	中高	中高淹水風險
			399k+500~400k+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			411k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		內埔鄉	405k+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		竹田鄉	410k+500~411k+000、412k+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			439k+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		潮州鎮	413k+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			415k+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			418k+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		枋山鄉	444k+000~459k+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
台 10	臺中市	清水區	000K+000~004K+000、005K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		沙鹿區	004K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
台 10 乙	臺中市	清水區	000K+000~004K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台 11	花蓮縣	吉安鄉	005K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			005K+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
		壽豐鄉	006K+000~007K+500、024K+500、026K+000、029K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			008K+000~009K+500、010K+500~017K+000、018K+000、019K+500~021K+000、022K+000~023K+000、025K+500、026K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(7/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 11	花蓮縣	壽豐鄉	010K+000、017K+500、018K+500~019K+000、021K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			025K+000、027K+500~028K+500、030K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
		豐濱鄉	030K+500~039K+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			040K+000、041K+000、042K+500、045K+000、062K+500、068K+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			040K+500、041K+500、043K+000~044K+500、045K+500~059K+500、063K+000	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
	臺東縣	長濱鄉	096K+500~099K+000	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			099K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		成功鎮	100K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		東河鄉	134K+000~134K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
		卑南鄉	150K+500~151K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		臺東市	157K+500~158K+000	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			170K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
台 11 乙	臺東縣	臺東市	001K+500~003K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			004K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	臺東縣	臺東市	004K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 11 丙	花蓮縣	壽豐鄉	005K+000~011K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
台 11 甲	花蓮縣	光復鄉	000K+000~003K+500、007k+000~007k+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(8/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 11 甲	花蓮縣	光復鄉	005K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			006K+000~006k+500、008k+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			008k+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
		豐濱鄉	009k+000、011k+500~017k+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			011k+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
台 12	臺中市	梧棲區	000K+000~003K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		沙鹿區	004K+000~005K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		龍井區	012K+000	高	高	中低	高	高淹水風險
		西屯區	013K+000~014K+500、 017K+000~020K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
			015K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
			015K+500~016K+500	高	高	中低	高	高淹水風險
台 13	新竹市	香山區	000K+000~000K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
	苗栗縣	竹南鎮	001K+000~001K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			007K+000~008K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		頭份市	010K+00、014K+500~015K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			014K+000~014K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		造橋鄉	015K+500~016K+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			017K+000~017K+500、018K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			018K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		頭屋鄉	019K+000~020K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(9/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 13	新竹市	頭屋鄉	021K+000~021K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			023K+000~024K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
		苗栗市	027K+500~028K+000	中高	中	中低	中高	中高淹水風險
台 13 甲	苗栗縣	竹南鎮	000k+500~004k+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		造橋鄉	004k+500~005k+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		後龍鎮	012k+500~013k+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
台 14	彰化縣	彰化市	002K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
	南投縣	草屯鎮	014K+000、019K+000~026K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			014K+500、016K+500~018K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			015K+000~016K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		國姓鄉	044K+500~048K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		埔里鎮	065K+500	中高	中	中低	中高	**中高坡災風險**
		仁愛鄉	067K+500	中高	中	中低	中高	**中高坡災風險**
			068K+000 、069K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			068K+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			069K+500、079K+000~079K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			071K+500~073K+000、077K+500~078K+500、093K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			073K+500~074K+500、080K+500~091K+500、092K+500、093K+500~098K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			080K+000 、092K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 14 乙	彰化縣	芬園鄉	000K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(10/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 14 乙	南投縣	草屯鎮	000k+500~001K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			002K+000~009K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		南投市	010K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			010K+500	中高	中高	中高	中	**中高坡災風險**
			010K+500、018K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
			011K+000~012K+000、012K+500、013K+000~013K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			012K+000、012K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			014K+000~017K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
台 14 丁	彰化縣	芬園鄉	006K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
	南投縣	南投市	006K+500~009K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			010K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
台 14 甲	南投縣	仁愛鄉	000K+000~002K+000、004k+500~007K+500、012K+000~012K+500、012K+000~012K+500、014K+500~016K+500、018K+000、019K+000~031K+000、032K+500~034K+500、035K+500~036K+500、040K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			002K+500~004K+000、013K+000~014K+000、017K+000、018K+500、031K+500~032K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			008K+000~011K+500、035K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(11/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 14 甲	花蓮縣	秀林鄉	037K+000~039K+500、 040K+500~041K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
台 15	桃園市	大園區	025K+500、033K+000~036K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			026K+000~032K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		觀音區	040K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			041K+000~050K+500、069K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		新屋區	052K+000~060K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
	新竹縣	新豐鄉	061K+000~068K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			068K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		竹北市	069K+000、 070K+000~072K+500、 075K+500~076K+000、078K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	新竹市	北區	073K+000~075K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		香山區	076K+500~077K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
台 15 甲	桃園市	大園區	000K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
台 16	南投縣	名間鄉	000K+000~002K+000	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
		集集鎮	008K+000~009K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			011K+500~012K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		水里鄉	013K+000~014K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			018K+500~019K+500、 025K+500~027K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			020K+000~025K+000、028K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(12/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 16	南投縣	信義鄉	028K+500	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			029K+000~040K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			041K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	花蓮縣	鳳林鎮	141K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 17	臺中市	清水區	000K+500~003K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			004K+000~006K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			006K+500~007K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			007K+500~008K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		梧棲區	008K+500~009K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			009K+500~010K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			011K+000~013K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		龍井區	014K+000~017K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	彰化縣	伸港鄉	019K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			020K+500~025K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		線西鄉	025K+500~027K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		鹿港鎮	030K+000~035K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		福興鄉	038K+500~040K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			041K+500~044K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		芳苑鄉	045K+500~051K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			051K+500~052K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		大城鄉	064K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
			065K+000~066K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(13/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 17	雲林縣	麥寮鄉	072K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			073K+000~075K+000、076K+500~078K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			075K+500~076K+000、079K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		臺西鄉	083K+000~088K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
		四湖鄉	092K+500~095K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		口湖鄉	098K+500~111K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
	嘉義縣	東石鄉	113K+000~115K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			116K+000~124K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
		布袋鎮	124K+500、125K+500~130K+000、131K+000~131K+500、133K+000~134K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
			125K+000、130K+500、132K+000~132K+500、135K+000~136K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
	臺南市	北門區	136K+500、139K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			137K+000~138K+500、140K+000~142K+500、144K+000~145K+000	高	低	中低	中	中高淹水風險
			143K+000~143K+500	高	低	中	中低	中高淹水風險
			147K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		學甲區	147K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		將軍區	149K+500~151K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		七股區	152K+000~161K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		安南區	163K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(14/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 17	高雄市	茄萣區	188K+000~193K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		湖內區	193K+500~195K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		路竹區	195K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		永安區	201K+000~204K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		彌陀區	204K+500~205K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		梓官區	210K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		橋頭區	211K+000~212K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		楠梓區	213K+000~213K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		左營區	221K+500	中高	中高	中低	中高	中高淹水風險
		鼓山區	222K+000	中高	中高	中低	中高	中高淹水風險
		前金區	226K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		前鎮區	231K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
	屏東縣	新園鄉	250K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
			250K+500~254K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		東港鎮	254K+500~260K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		林邊鄉	261K+000~261K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			262K+000~263K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		佳冬鄉	264K+500~265K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
台 17 乙	臺南市	安南區	000K+500~002K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
台 17 甲	臺南市	安南區	005k+000~006k+500、018k+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		北區	007k+000~009k+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		中西區	009k+500~010k+500	高	中	中	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(15/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 17 甲	臺南市	南區	011k+000~011k+500、015k+000、018k+500、026K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			013k+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
	高雄市	湖內區	020K+000~025K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台 18	南投縣	信義鄉	008K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			008K+500、096K+000	高	中高	中	中高	**高坡災風險**
		番路鄉	034K+000~034K+500、043K+500~046K+000、047K+000~049K+500、052K+500、054K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	嘉義縣	番路鄉	035K+000~036K+000、040K+500~042K+500、046K+500、050K+000、053K+000~054K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			036K+500、037K+500~039K+000、040K+000、055K+000~058K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			037K+000、039K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
		阿里山鄉	013K+000	高	中高	中	中高	**高坡災風險**
			050K+500、052K+000、062K+000、064K+000~067K+500、069K+000、070K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			051K+000~051K+500、070K+500~074K+500、077K+000~079K+500、090K+000~095K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			058K+500~059K+500、068K+000~068K+500、069K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(16/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 18	嘉義縣	阿里山鄉	075K+000~076K+500、080K+000~087K+000、088K+000~088K+500、089K+500	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			087K+500、089K+000	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
		竹崎鄉	060K+000~061K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			061K+500、062K+500~063K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	南投縣	信義鄉	096K+500~104K+000、105K+000~107K+000、109K+500	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			104K+500、107K+500~109K+000	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
台 19	彰化縣	彰化市	001K+000~004K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		秀水鄉	005K+000~005K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		埔鹽鄉	010K+000~012K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		溪湖鎮	014K+000~020K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		埤頭鄉	021K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			023K+500~026K+500、028K+000~028K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
			027K+000、029K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		竹塘鄉	029K+500~034K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
	雲林縣	二崙鄉	037K+500~043K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		崙背鄉	048K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		褒忠鄉	049K+000~052K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			053K+000~054K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
		元長鄉	055K+000~056K+000、058K+500~060K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(17/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 19	雲林縣	元長鄉	057K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			061K+000~064K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		北港鎮	065K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			068K+000~070K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
	嘉義縣	六腳鄉	077K+500~080K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			082K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		朴子市	085K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			086K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			089K+000~091K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		義竹鄉	091K+500~094K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
	臺南市	鹽水區	099K+500~103K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			110K+000~110K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		學甲區	111K+500~113K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		佳里區	118K+500~125K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		西港區	129K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			130K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		安南區	135K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			137K+000~137K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
			138K+000~139K+000	高	高	中低	高	高淹水風險
		永康區	139K+500	高	高	中低	高	高淹水風險
台 19 甲	臺南市	新營區	005K+000~006K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		下營區	008K+500~011K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(18/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 19 甲	臺南市	麻豆區	018K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		善化區	020K+000~026K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		新市區	028K+000~029K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			031K+500~032K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		新化區	033K+000~033K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		關廟區	048K+500~054K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
	高雄市	岡山區	063K+000~071K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		梓官區	072K+000~072K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			073K+000~073K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
台 1 乙	臺中市	西屯區	002K+500~003K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
		北屯區	003K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
			005K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
		烏日區	014K+500、016K+500~021K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
			015K+000~015K+500、016K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		大肚區	021K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
台 1 丁	雲林縣	斗六市	006K+500、011K+000~011K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			008K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		斗南鎮	013K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台 1 己	苗栗縣	竹南鎮	000k+000~003k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		頭份市	004k+000	高	中	中	中	中高淹水風險
台 1 丙	彰化縣	彰化市	001K+000~007k+500	高	中高	中高	中	中高淹水風險
台 1 甲	臺北市	中山區	000K+500~002K+000	高	高	中	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(19/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台1甲	新北市	三重區	002K+500~008K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
台2	新北市	淡水區	010K+500~012K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		三芝區	015K+000~020K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		石門區	022K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			023K+500~029K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			034K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		金山區	037K+000~037K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			038K+000~040K+000	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			038K+000~040K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		萬里區	043K+500~046K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			047K+000~048K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
		貢寮區	090K+500~097K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
	基隆市	安樂區	055K+000~060K+000	中高	中	中高	中	中高坡災風險
		中山區	060K+500~061K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		仁愛區	061K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			061K+500	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
		中正區	062K+000~062K+500	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
			063K+000~065K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
	宜蘭縣	頭城鎮	122K+500~132K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			135K+500~141K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		壯圍鄉	141K+500~142K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			142K+500~151K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(20/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 2	宜蘭縣	五結鄉	152K+000~159K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			159K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		蘇澳鎮	160K+000~164K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			166K+000~167K+500	高	中高	中	中高	**高坡災風險**
			168K+000~168K+500	高	中高	中低	中高	**高坡災風險**
台 20	臺南市	中西區	000K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		北區	000K+500~002K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		永康區	003K+000	高	高	中低	高	高淹水風險
			009K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		新化區	012K+000~014K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		左鎮區	021K+000~022K+000	高	低	中低	中	中高淹水風險
			027K+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
		玉井區	028K+500~032K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	高雄市	甲仙區	062K+500~066K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		六龜區	066K+500~071K+500、 074K+000、076K+000、079K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			072K+000~073K+500、 074K+500~075K+500、 077K+000~078K+500、 079K+500~080K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		桃源區	081K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			096K+000~097K+000、 103K+000、 105K+000~105K+500、119K+000	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(21/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 20	高雄市	桃源區	127K+000、128K+500、135K+500、138K+000、143K+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
	臺東縣	海端鄉	145K+500~146K+000、147K+000~148K+000、150K+000~150K+500、157K+000~158K+500、168K+000、174K+500~175K+000、176K+500、178K+000、181K+000、182K+500~183K+500、191K+000、192K+500~193K+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			146K+500、148K+500~149K+500、151K+000~156K+500、159K+000~167K+500、168K+500~174K+000、175K+500~176K+000、177K+000~177K+500、178K+500~180K+500、181K+500~182K+000、184K+000~190K+000、191K+500~192K+000、193K+500~203K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
台 20 甲	臺東縣	海端鄉	000K+000~001K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			002K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		池上鄉	002K+500~003K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 21	臺中市	東勢區	000K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		新社區	002K+500、005K+500~007K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(22/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 21	臺中市	新社區	003K+000	高	中低	中	中	中高坡災風險
			008K+000	高	中低	中低	中	中高坡災風險
			008K+500~017K+000	中高	中低	中低	中	中高坡災風險
	南投縣	國姓鄉	022K+500	中高	中低	中低	中	中高坡災風險
		埔里鎮	050K+000	高	中	中低	中高	高坡災風險
		魚池鄉	053K+500~055K+000	中高	中	中低	中高	中高坡災風險
			060K+500、063K+000~064K+500	中高	中	中	中	中高坡災風險
			061K+000~062K+500	高	中	中	中	中高坡災風險
			065K+000~065K+500、066K+500、069K+000~072K+000	中高	中低	中	中	中高坡災風險
			066K+000	中高	中低	中低	中	中高坡災風險
			067K+000~068K+500	高	中低	中	中	中高坡災風險
		水里鄉	073K+000~077K+500	中高	中低	中	中	中高坡災風險
			078K+500	高	中低	中低	中	中高坡災風險
		信義鄉	089K+500~090K+500	高	低	中高	中低	中高坡災風險
			091K+000~102K+000、113K+500~144K+000	高	低	中	中低	中高坡災風險
			102K+500~110K+000、111K+500~112K+500	高	低	中低	中	中高坡災風險
			110K+500~111K+000、113K+000	中高	低	中低	中	中高坡災風險
台 21 甲	南投縣	魚池鄉	000K+000~001K+500、004K+500~005K+500、020K+000~020K+500	中高	中低	中	中	中高坡災風險
			002K+000~004K+000、006K+000	高	中低	中	中	中高坡災風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(23/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 21 甲	南投縣	魚池鄉	006K+500~008K+000、009K+000~011K+500、013K+000、015K+000、016K+000~017K+500、019K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			008K+500、012K+000~012K+500、014K+000~014K+500、015K+500、018K+000~019K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
台 22	高雄市	燕巢區	009K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			013K+000~013K+500	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
		大樹區	016K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
台 23	花蓮縣	富里鄉	000K+500~001K+000、002K+000~003K+500、004K+500~005K+500、008K+000~009K+500、012K+500~014K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			001K+500、004K+000、006K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			006K+500~007K+000、010K+000~012K+000、015K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	臺東縣	東河鄉	016K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			016K+500、021K+000、023K+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			017K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			017K+500~020K+500、021K+500~022K+500、024K+000~039K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
		成功鎮	040K+000~044K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 24	屏東縣	三地門鄉	020K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(24/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 24	屏東縣	三地門鄉	021K+000~022K+500、024K+000~024K+500、028K+500、032K+000~032K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			023K+000~023K+500、025K+000~028K+000、029K+000~031K+500	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
		霧臺鄉	033K+000~033K+500、038K+500~039K+000、042K+000、043K+500~047K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			034K+000~038K+000、039K+500~041K+500、042K+500~043K+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			048K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 26	屏東縣	枋山鄉	003k+000~007k+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		車城鄉	008k+500~018k+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			018k+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		恆春鎮	032k+000~035k+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			038k+000~052k+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		滿州鄉	072k+500	高	低	中低	中	中高淹水風險
		牡丹鄉	073k+000~082K+000、084k+500、085k+000~085k+500	高	低	中低	中	中高淹水風險
			083k+500~085k+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
	臺東縣	達仁鄉	089k+500~	高	低	中	中低	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(25/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 27	高雄市	六龜區	000K+000、001K+500~002K+000、003K+000~003K+500、004K+500~005K+500、021K+000~021K+500、022K+500~024K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			000K+500~001K+000、002K+500、004K+000、006K+000~016K+000、022K+000、025K+000~025k+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			016K+500、017K+500~018K+500、019K+500~020K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			017K+000、019K+000、020K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	屏東縣	高樹鄉	024K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		鹽埔鄉	042k+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		屏東市	056k+500	高	中高	中	中高	**高坡災風險**
			061k+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		萬丹鄉	068k+500、079k+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		新園鄉	075k+500~076k+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			076k+500~078k+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台 27 甲	高雄市	六龜區	001K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 28	高雄市	湖內區	000K+000、013K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			003K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		六龜區	002K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			042K+500~043K+000、049K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(26/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 28	高雄市	六龜區	048K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		阿蓮區	014K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
		旗山區	015K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			027K+000~029K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			029K+500~030K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		內門區	025K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			025K+500~026K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
		美濃區	038k+000~040K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 2 乙	臺北市	士林區	000K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		大同區	000K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		北投區	003K+000、007K+000~008K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			004K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
	新北市	淡水區	016K+500~025K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
台 2 己	基隆市	中山區	-000K+900~003K+398	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
台 2 丙	新北市	平溪區	008K+500	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
		雙溪區	022K+000~	高	低	中	中低	中高淹水風險
		貢寮區	023K+500~029K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
台 2 戊	宜蘭縣	五結鄉	000K+500~002k+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			002k+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		蘇澳鎮	003k+000~005k+500、009k+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			008k+000、009k+000~009k+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			008k+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(27/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台2甲	新北市	金山區	002K+000~004K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	臺北市	士林區	031K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			031K+500~032K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		中山區	035K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台2庚	宜蘭縣	頭城鎮	000K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
台3	臺北市	萬華區	003K+500~004K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
	新北市	板橋區	008K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
	桃園市	大溪區	042K+500~043K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		平鎮區	044K+000~044K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
		龍潭區	048K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
	新竹縣	關西鎮	062K+000~063K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		橫山鄉	063K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			064K+000~064K+500、 067K+000~068K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			065K+000~066K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			068K+500~069K+000	高	中	中	中	**中高坡災風險**
		峨眉鄉	088K+500~091K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	苗栗縣	頭份市	093K+000~093K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		南庄鄉	098K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
		三灣鄉	100K+500~104K+500	高	低	中高	中低	**中高坡災風險**
		獅潭鄉	106K+000、109K+500~120K+500	高	低	中高	中低	**中高坡災風險**
			106K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(28/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台3	苗栗縣	獅潭鄉	124K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			124K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		大湖鄉	128K+500~131K+500、132K+500、134K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			132K+000、133K+000~134K+000、135K+000~135K+500、137K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			136K+000~136K+500、138K+000~141K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
		卓蘭鎮	142K+000~143K+500、145K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	臺中市	東勢區	144K+000~144K+500、145K+500~147K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			151K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			151K+500~153K+500、154K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			154K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			155K+000	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			155K+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			156K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
		石岡區	161K+500、163K+500~164K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			162K+000~163K+000	高	中	中	中	**中高坡災風險**
		潭子區	176K+000~177K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
		東區	183K+000	中高	中高	中低	中高	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(29/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台3	臺中市	東區	184K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			184K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		霧峰區	197K+500~199K+500	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
			200K+000	高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	南投縣	草屯鎮	200K+500~202K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			202K+500~207K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		南投市	208K+500~216K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		名間鄉	216K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			217K+000~217K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		竹山鎮	226K+500~227K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
			227K+500、230K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			228K+000	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			228K+500~229K+000	高	中	中高	中	**中高坡災風險**
			230K+000	中高	中	中高	中	**中高坡災風險**
	雲林縣	林內鄉	236K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
	嘉義縣	中埔鄉	295K+000~295K+500、301K+000、302K+500、304K+500~308K+000、310K+000、311K+000~311K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			296K+000~296K+500、297K+500、302K+000、303K+000~303K+500、308K+500~309K+500、310K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			297K+000、298K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(30/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 3	嘉義縣	中埔鄉	298K+500~300K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		番路鄉	313K+000、318K+000、320K+000、324K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			313K+500、315K+500~317K+500、318K+500~319K+500、322K+500~323K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			314K+000、315K+000、320K+500~322K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			314K+500、323K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		大埔鄉	312K+500、324K+500~328K+000、339K+000~348K+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			328K+500~330K+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			330K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
	臺南市	玉井區	377K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		南化區	387K+000	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
	高雄市	旗山區	406K+000~407K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
台 30	花蓮縣	卓溪鄉	000K+000、007K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			000K+500~007K+000	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
		玉里鎮	008K+000~008K+500、019K+000、021K+000~021K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			009K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			014K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
			022K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
		富里鄉	020K+000~020K+500、026K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(31/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 30	花蓮縣	富里鄉	022K+500~023K+000、026K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
	臺東縣	長濱鄉	027K+000	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			027K+500~028K+000	高	低	中高	中低	**中高坡災風險**
			028K+500~034K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
台 31	桃園市	蘆竹區	000K+500~004K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		大園區	005K+000~007K+000、009K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		中壢區	007K+500、009K+500~016K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		新屋區	017K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台 37	嘉義縣	新港鄉	000K+000~005K+500	高	中低	中	中	中高淹水風險
		太保市	006K+500~007K+500、009K+000~014K+000	高	中低	中	中	中高淹水風險
			008K+000~008K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
台 39	臺南市	新化區	001k+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		永康區	002k+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
		歸仁區	010k+000~011k+000、018K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			015k+500~016k+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
台 3 丙	南投縣	集集鎮	006K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			007K+000	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
台 3 甲	南投縣	草屯鎮	000K+000~004K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
			004K+500、010K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		南投市	005K+000~009K+500、010K+500~011K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台 4	桃園市	大園區	000K+000~002K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(32/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台4	桃園市	大園區	002K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		蘆竹區	005K+500~007K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			008K+000~009K+500	中	高	中低	高	中高淹水風險
			010K+000	高	高	中低	高	高淹水風險
		桃園區	012K+000~013K+500	高	高	中低	高	高淹水風險
台5	臺北市	中正區	000K+000~001K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
		大安區	001K+500~003K+000	中	高	中低	高	中高淹水風險
		南港區	009K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
	新北市	汐止區	010K+500~015K+000	高	高	中	中高	高淹水風險
			015K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
			025K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
	基隆市	七堵區	019K+000~023K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
		暖暖區	024K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
		仁愛區	027K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
台5乙	新北市	汐止區	000K+500	中高	中高	中高	中	**中高坡災風險**
			001K+500~002K+000	高	中高	中	中高	高淹水風險
台5甲	新北市	汐止區	000K+000~001K+000、008K+500	高	高	中	中高	高淹水風險
			001K+500~006K+500	高	中高	中	中高	高淹水風險
	基隆市	七堵區	007K+000~008K+000	高	中	中	中	中高淹水風險
台6	苗栗縣	苗栗市	009K+000、011K+500、013K+500~014K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
			009K+500~011K+000、013K+000	高	中	中	中	中高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(33/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台6	苗栗縣	苗栗市	015K+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		公館鄉	023K+500~027K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
		獅潭鄉	028K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			029K+000~030K+000	高	低	中高	中低	**中高坡災風險**
台7	桃園市	大溪區	008K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		復興區	020K+000~020K+500、029K+000、035K+000、051K+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
台7	桃園市	復興區	023K+000~027K+000、031K+000~031K+500、033K+500、036K+500~044K+000、045K+500~046K+000、057K+000~058K+000、061K+000~061K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			032K+000~032K+500、034K+000~034K+500、035K+500~036K+000、044K+500~045K+000、046K+500~051K+000、052K+000~056K+500、058K+500~060K+500	高	低	中低	中	**中高坡災風險**
	宜蘭縣	大同鄉	062k+000~067k+500、074k+000~080k+500、083k+000、085k+000	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			068k+000~071k+000、072k+000~073k+500、081k+000~082k+500、083k+500~084k+500、085k+500~097k+500	高	低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(34/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台7	宜蘭縣	大同鄉	071k+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
		員山鄉	107K+000、109K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			107K+500~108K+000、110K+000~111K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			108K+500、109K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			110K+000~118K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
		宜蘭市	119K+000~121K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		壯圍鄉	125K+500~129K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
台7乙	新北市	三峽區	003K+000~003K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
台7丙	宜蘭縣	三星鄉	004K+500、008k+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			005k+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			006k+000、007k+500、009k+000~009k+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			006k+500~007k+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			018k+000~020k+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		冬山鄉	023k+000~023k+500	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		羅東鎮	025k+000~029k+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		五結鄉	029k+500~031k+500	高	中	中低	中高	高淹水風險
台7甲	宜蘭縣	大同鄉	000k+000~000k+500、001k+500~002k+000、003k+000	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			001k+000、002k+500、007k+000~007k+500、023k+500~025k+500、027k+000~045k+000	高	低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(35/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台7甲	宜蘭縣	大同鄉	003k+500~005k+500、008k+000、026k+000~026k+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
	臺中市	和平區	045k+500~046K+000、048K+000~049K+500、052K+000、053K+000、065K+000~066K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			046K+500~047K+500、050K+000~051K+500、052K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
台7甲	臺中市	和平區	053K+500、057K+000、058K+500~059K+000、060K+000、063K+000~064K+500、066K+500、068K+000、071K+500~073K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			054K+000~054K+000、057K+500、059K+500、060K+500~062K+500、067K+000~067K+500、068K+500~071K+000、073K+500~074K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台8	臺中市	東勢區	011K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			011K+500、013K+000~014K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			012K+000~012K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		和平區	014K+500~017K+500、025K+000、033K+500、073K+000、081K+000~081K+500、083K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(36/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台8	臺中市	和平區	018K+000~024K+500、 025K+500~033K+000、 034K+000~062K+500、 064K+500~072K+500、 073K+500~075K+500、 079K+500~080K+000、 082K+000~082K+500、 083K+500~084K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			063K+000、078K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			063K+500~064K+000、 076K+500~077K+500、 079K+000、085K+000~086K+000	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			078K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	南投縣	仁愛鄉	086K+500、 087K+500~092K+500、 093K+500~094K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			087K+000、 095K+000~095K+500、 109K+000~109K+500、111K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			093K+000、 096K+000~108K+500、 110K+000~111K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(37/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 8	花蓮縣	秀林鄉	112K+000、 114K+000~115K+000、 117K+000~122K+000、 123K+000、125K+000、 126K+000~126K+500、 127K+500、 128K+500~130K+500、 133K+000~158K+000、 159K+000~160K+000、 161K+000、165K+000、 166K+500~168K+500、 172K+000、181K+000~181K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			112K+500~113K+500、 115K+500~116K+500、 122K+500、 123K+500~124K+500、 131K+000~132K+500、 158K+500、160K+500、 161K+500~164K+500、 165K+500~166K+000、 169K+000~171K+500、 172K+500~178K+000、 180K+000~180K+500、 182K+500~184K+500、 185K+500~186K+000、188K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			125K+500、127K+000、128K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			178K+500~179K+500、 182K+000、185K+000、 186K+500~187K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		新城鄉	188K+500~189K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(38/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 8 甲	臺中市	和平區	006K+500~023K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
台 9	新北市	新店區	016K+000~016K+500	中高	中高	中高	中	**中高坡災風險**
			017K+000~018K+000	中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
			018K+500~020K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
		坪林區	035K+500、 047K+000~047K+500、 050K+000~052K+500	高	低	中	中低	**中高坡災風險**
			036K+500	高	低	中高	中低	**中高坡災風險**
			049K+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
			056K+500、058K+000、 059K+000、060K+000、 061K+500~063K+500、 064K+500~066K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	宜蘭縣	頭城鎮	057K+500、058K+500、 059K+500、 060K+500~061K+000、 064K+000、067K+000~067K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		礁溪鄉	073K+000~077K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		宜蘭市	078K+000~079K+500	高	中	中	中	中高淹水風險
			082K+000~084K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		五結鄉	086K+000~088K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
		羅東鎮	088K+500~090K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			091K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		冬山鄉	093K+000~095K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
			095K+500~096K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(39/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 9	宜蘭縣	蘇澳鎮	099K+500~100K+000、 112K+000~114K+000、 115K+000~115K+500、 123K+500~124K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			102K+500、104K+000、 120K+500、124K+500、 126K+000~127K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			103K+000~103K+500、 104K+500~111K+500、 114K+500、 116K+000~120K+000、 121K+000、 125K+000~125K+500、 127K+500~128K+500、 130K+000、131K+000~131K+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
		南澳鄉	129K+000~129K+500、 130K+500、 134K+000~138K+500、 141K+000~144K+500、 145K+500~147K+500、 148K+500~149K+000、 150K+000~151K+000、 152K+000~152K+500、 153K+500~155K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			139K+000~139K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			140K+000~140K+500、 145K+000、148K+000、 149K+500、151K+500、153K+000	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(40/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台9	宜蘭縣	南澳鄉	156K+000、 160K+500~163K+000、 165K+000~166K+000、 174K+500~175K+000、 177K+500~180K+500、183K+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
	花蓮縣	秀林鄉	160K+000、 166K+500~167K+500、 183K+000、184K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			163K+500~164K+500、 168K+000~174K+000、 176K+500~177K+000	高	中	中低	中高	**高坡災風險**
			176K+000	中高	中	中低	中高	**中高坡災風險**
		新城鄉	184K+500、189K+500、190K+500	高	中	中	中	**中高坡災風險**
			188K+500~189K+000、190K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			197K+500	中高	中	中低	中高	中高淹水風險
			198K+500~200K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			201K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		花蓮市	201K+500~207K+000	高	中高	中低	中高	高淹水風險
		壽豐鄉	218K+000~221K+500、 222K+500~223K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			220K+000~223K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			223K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
			226K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			231K+000~231K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
			232K+000	高	中	中	中	**中高坡災風險**
		鳳林鎮	238K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(41/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台9	花蓮縣	光復鄉	250K+000~251K+000、 251K+500~254K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		玉里鎮	292K+000	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		富里鄉	317K+000~319K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	臺東縣	池上鄉	319K+500~320K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			320K+500~321K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		卑南鄉	370K+000	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
		臺東市	370K+500~379K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
		太麻里鄉	397K+000~398K+000、 399K+500~408K+000、 413K+500、414K+500、419K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			398K+500~399K+000、 408K+500~413K+000、 414K+000、420K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		大武鄉	429K+500~434K+000、 440K+000、441K+000~443K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			439K+000~439K+500	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
		達仁鄉	443K+500、445K+500、 449K+500、450K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			444K+000~445K+000、 446K+500~448K+000、 450K+500~452K+500、455K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			446K+000	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
			449K+000、453K+500~454K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			453K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	屏東縣	獅子鄉	455K+500~456K+000	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**

5. 省道基期風險熱點之分布與評估結果(42/42)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台9	屏東縣	獅子鄉	456K+500~457K+000、463K+000~469K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			457K+500~458K+000、459K+000~461K+500	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			458K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			462K+000	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
台9丙	花蓮縣	吉安鄉	005K+000	高	中	中低	中高	高淹水風險
			010K+000~011K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
		秀林鄉	011K+500~012K+500	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
			013K+000、014K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			013K+500	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
		壽豐鄉	015K+500~017K+500、018K+500、019K+500~020K+500、021K+500~022K+000、022K+500	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			018K+000、019K+000、021K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			022K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
台9甲	新北市	新店區	009K+000~009K+500	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
		烏來區	013K+500	中高	低	中低	中	**中高坡災風險**
	宜蘭縣	員山鄉	049K+500、054K+500~055K+000	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			051K+000~054K+000、055K+500~056K+000	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
			060K+000~060K+500	高	中低	中低	中	中高淹水風險
		宜蘭市	065K+000~065K+500	高	中	中低	中高	高淹水風險

6 省道未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(1/2)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台 2	基隆市	安樂區	055K+500	中高(中)	中	中高	中	**中高坡災風險(中)**
	新北市	萬里區	046K+000	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
台 3	臺中市	大里區	192K+000~188K+500	中	高(中高)	中低	高(中高)	中高淹水風險(中)
	苗栗縣	卓蘭鎮	146K+500	高(中)	中低	中高	中低	**中高坡災風險(中)**
	高雄市	內門區	390K+000	高(中高)	低	中	中低	**中高坡災風險(中)**
			401K+500	中高(中)	中低	中	中	**中高坡災風險(中)**
台 5	基隆市	七堵區	022K+500	中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
台 9	宜蘭縣	頭城鎮	066K+500	高(中)	中低	中	中	**中高坡災風險(中)**
	新北市	新店區	011K+500	中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**
			012K+000~015K+500	中高(中)	中高	中高	中	**中高坡災風險(中)**
			019K+500、007K+500	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
		石碇區	020K+500	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
		坪林區	037K+000	高(中高)	低	中高	中低	**中高坡災風險(中)**
台 12	臺中市	北區	020K+000	中	高(中高)	中低	高(中高)	中高淹水風險(中)
台 13	苗栗縣	頭屋鄉	024K+000	中高	中(中低)	中高	中(中低)	**中高坡災風險(中)**
台 20	臺南市	左鎮區	025K+500~028K+000	中高	中低(低)	中	中(中低)	**中高坡災風險(中)**
台 22	高雄市	燕巢區	012K+500	中高(中)	中	中高	中	**中高坡災風險(中)**
台 26	屏東縣	恆春鎮	034k+500	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
台 27	高雄市	六龜區	008K+500	中高(中)	中低	中	中	**中高坡災風險(中)**
台 28	高雄市	旗山區	030K+500	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
台 30	臺東縣	長濱鄉	032K+500	高(中高)	低	中	中低	**中高坡災風險(中)**
台 2 乙	臺北市	北投區	006K+000~007K+000	中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**

6 省道未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(2/2)

路名	縣市	鄉鎮市區	路段	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
台2己	基隆市	中山區	002K+500	中高(中)	中	中高	中	**中高坡災風險(中)**
台2甲	新北市	金山區	005K+000~005K+500	中高(中)	中低	中	中	**中高坡災風險(中)**
	臺北市	士林區	030K+500	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
台7乙	新北市	三峽區	004K+500~005K+000	中高(中)	中	中	中	**中高坡災風險(中)**
台9甲	新北市	烏來區	010K+000	中高(中)	低	中低	中	**中高坡災風險(中)**
			012K+000~015K+500	高(中高)	低	中	中低	**中高坡災風險(中)**

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(1/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
北迴線	002K+300~002K+400、017K+200~018K+000、018K+100~019K+100、019K+500~019K+800	宜蘭縣	蘇澳鎮	中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
	002K+400~002K+600、018K+000~018K+100、019K+100~019K+500、019K+800~020K+000			高	中高	中	中高	**高坡災風險**
	011K+200~011K+300、011K+500~011K+600			中高	中高	中低	中高	**中高坡災風險**
	011K+300~011K+500			高	中高	中低	中高	**高坡災風險**
	009K+600~010K+000、010K+700~010K+800、036K+500~036K+600、037K+400~037K+500		南澳鄉	中高	中	中低	中高	**中高坡災風險**
	010K+000~010K+700、034K+400~036K+500、036K+600~037K+400、037K+500~037K+700			高	中	中低	中高	**高坡災風險**
	024K+000~024K+100			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	041K+400~042K+400、042K+800~043K+300、048K+100~051K+300、051K+400~051K+500	花蓮縣	秀林鄉	高	中高	中低	中高	**高坡災風險**
	042K+400~042K+800、043K+300~047K+500、051K+300~051K+400			中高	中高	中低	中高	**中高坡災風險**
	053K+600~058K+000、058K+100~058K+500、061K+800~061K+900、崇德車站			高	中高	中	中高	**高坡災風險**
	058K+000~058K+100、058K+500~061K+800、061K+900~062K+500			中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
	065K+200~066K+300、066K+400~066K+500、067K+500~067K+700、068K+400~068K+500、068K+900~069K+300、景美車站			高	中	中	中	**中高坡災風險**
	066K+300~066K+400、066K+500~066K+600、067K+400~067K+500、067K+700~068K+400、068K+500~068K+900			中高	中	中	中	**中高坡災風險**

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(2/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
北迴線	066K+700~066K+800、066K+900~067K+200	花蓮縣	新城鄉	中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	066K+800~066K+900、067K+200~067K+300			高	中	中	中	**中高坡災風險**
	076K+200~077K+000			高	中	中高	中	中高淹水風險
	077K+400~078K+500		花蓮市	高	中高	中高	中	中高淹水風險
成追線	203K+500~204K+200	臺中市	烏日區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	204K+200~206K+000		大肚區	高	中高	中	中高	高淹水風險
西部幹線	000K+300~000K+500	基隆市	中山區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	000K+500~000K+700		仁愛區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	000K+600~000K+700、002K+400~002K+500			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	001K+000~001K+200			高	中	中	中	中高淹水風險
	004K+400~004K+500		暖暖區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	004K+900~005K+000			高	中高	中	中高	高淹水風險
	006K+400~010K+300、百福車站		七堵區	高	高	中	中高	高淹水風險
	011K+900~016K+000	新北市	汐止區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	五堵車站、汐止車站、汐科車站			高	高	中	中高	高淹水風險
	056K+900~060K+700	桃園市	桃園區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	060K+700~062K+400		八德區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	065K+100~065K+200		中壢區	高	高	中	中高	高淹水風險
	066K+800~067K+000			高	高	中高	中高	高淹水風險
	069K+300~069K+600		平鎮區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	080K+700~086K+500		楊梅區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	089K+800~094K+100	新竹縣	湖口鄉	高	高	中	中高	高淹水風險
	095K+400~095K+500		新豐鄉	高	高	中	中高	高淹水風險

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(3/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線	新豐車站	新竹縣	新豐鄉	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	095K+500~096K+000			高	中高	中	中高	高淹水風險
	096K+900~102K+800		竹北市	高	高	中	中高	高淹水風險
	竹北車站			高	高	中高	中高	高淹水風險
	102K+800~107K+200、新竹車站	新竹市	東區	高	高	中	中高	高淹水風險
	北新竹車站			高	高	中高	中高	高淹水風險
	107K+200~107K+300		北區	高	高	中	中高	高淹水風險
	107K+300~108K+300			高	中高	中	中高	高淹水風險
	108K+300~110K+100、111K+100~111K+200、114K+600~114K+800、117K+700~119K+100、香山車站、三姓橋車站		香山區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	110K+100~111K+100、111K+200~114K+600、114K+800~117K+700			高	中高	中低	中高	高淹水風險
	123K+700~129K+500	苗栗縣	竹南鎮	高	高	中	中高	高淹水風險
	竹南車站			高	高	中高	中高	高淹水風險
	129K+700~131K+000、造橋車站		造橋鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	136K+500~137K+000		後龍鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
	167K+900~168K+100		三義鄉	中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
	174K+900~175K+100	臺中市	后里區	中高	中高	中	中高	**中高坡災風險**
	198K+100~204K+200、成功車站、烏日車站、新烏日車站		烏日區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	204K+200~210K+300		大肚區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	210K+300~219K+100	彰化縣	彰化市	高	中高	中	中高	高淹水風險
	219K+100~220K+800		花壇鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(4/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線	224K+800~227K+800	彰化縣	大村鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	227K+800~228K+000			高	中高	中高	中	中高淹水風險
	229K+300~231K+800		員林鎮	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	231K+800~233K+100			高	中高	中	中高	高淹水風險
	234K+600~235K+200		永靖鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	267K+000~269K+900	雲林縣	斗六市	高	中高	中	中高	高淹水風險
	271K+300~277K+900		斗南鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	277K+900~282K+500	嘉義縣	大林鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	282K+500~283K+200		溪口鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	287K+400~290K+900		民雄鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	299K+400~306K+700		水上鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	292K+100~292K+600	嘉義市	東區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	297K+200~297K+800		西區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	306K+700~315K+600	臺南市	後壁區	高	中	中	中	中高淹水風險
	319K+600~320K+700		新營區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	323K+600~324K+500		柳營區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	324K+500~324K+600			高	中	中	中	中高淹水風險
	324K+600~324K+700		六甲區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	328K+600~328K+900		官田區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	331K+000~334K+900			高	中高	中	中高	高淹水風險
	334K+900~336K+600		善化區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	344K+000~348K+100		新市區	高	中高	中	中高	高淹水風險

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(5/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線	348K+100~348K+200	臺南市	新市區	高	高	中	中高	高淹水風險
	348K+200~350K+800、355K+300~355K+500		永康區	高	高	中	中高	高淹水風險
	355K+100~355K+300			中	高	中低	高	中高淹水風險
	355K+500~355K+600		北區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	359K+300~360K+200		東區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	363K+800~368K+700		仁德區	高	高	中	中高	高淹水風險
	保安車站			高	高	中高	中高	高淹水風險
	380K+400~384K+900	高雄市	岡山區	高	高	中	中高	高淹水風險
	385K+000~385K+300		橋頭區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	411K+600~412K+100		鳳山區	高	中高	中	中高	高淹水風險
西部幹線(海)	126K+400~128K+900	苗栗縣	竹南鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
	128K+900~132K+100、談文車站		造橋鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	132K+100~140K+300		後龍鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	140K+300~142K+000、龍港車站			高	中低	中	中	中高淹水風險
	142K+400~151K+100			高	中低	中低	中	中高淹水風險
	後龍車站			高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	新埔車站		通霄鎮	高	中低	中低	中	中高淹水風險
	151K+100~163K+900			高	中低	中低	中	中高淹水風險
	163K+900~165K+500、白沙屯車站			高	中低	中	中	中高淹水風險
	166K+200~169K+800		苑裡鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	179K+100~179K+500、大甲車站	臺中市	大甲區	高	中	中	中	中高淹水風險
	183K+600~191K+400、清水車站		清水區	高	中	中	中	中高淹水風險

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(6/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線(海)	191K+400~196K+400	臺中市	沙鹿區	高	中	中	中	中高淹水風險
	196K+400~201K+000、龍井車站		龍井區	高	中	中	中	中高淹水風險
	201K+000~201K+500			高	中	中低	中高	高淹水風險
	201K+500~206K+000		大肚區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	206K+000~210K+000、大肚車站、追分車站			高	中	中	中	中高淹水風險
	沙鹿車站		沙鹿區	高	中	中高	中	中高淹水風險
宜蘭線	013K+100~015K+700	新北市	瑞芳區	中高	中	中低	中高	**中高坡災風險**
	023K+400~024K+300		雙溪區	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	023K+400~026K+300			高	中低	中	中	中高淹水風險
	030K+100~030K+300		貢寮區	高	中	中	中	中高淹水風險
	043K+900~045K+600、047K+700~054K+600、外澳車站、龜山車站	宜蘭縣	頭城鎮	中高	中	中低	中高	**中高坡災風險**
	047K+600~047K+700			高	中	中低	中高	**高坡災風險**
	056K+800~056K+900			高	中	中	中	中高淹水風險
	063K+900~065K+200、四城車站		礁溪鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	065K+200~067K+600			高	中	中高	中	中高淹水風險
	069K+200~070K+000		宜蘭市	高	中	中高	中	中高淹水風險
	076K+500~079K+100		五結鄉	高	中	中高	中	中高淹水風險
	079K+100~080K+200、羅東車站		羅東鎮	高	中	中高	中	中高淹水風險
	083K+400~084K+000		冬山鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	084K+000~084K+700、冬山車站			高	中高	中高	中	中高淹水風險
	089K+100~089K+300		蘇澳鎮	高	中高	中高	中	中高淹水風險

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(7/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
宜蘭線	089K+300~089K+500	宜蘭縣	蘇澳鎮	高	中	中高	中	中高淹水風險
	091K+800~091K+900、092K+200~092K+400、092K+500~093K+000			高	中	中	中	**中高坡災風險**
	091K+900~092K+000、092K+400~092K+500、093K+300~093K+400			中高	中	中	中	**中高坡災風險**
	二結車站		五結鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	新馬車站		蘇澳鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
東部幹線	002K+600~002K+900	花蓮縣	吉安鄉	高	中	中高	中	中高淹水風險
	012K+000~012K+200、015K+900~016K+100		壽豐鄉	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	012K+200~015K+900、016K+200~018K+300、志學車站			中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	016K+100~018K+500			高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	031K+900~037K+400		鳳林鎮	高	中低	中	中	中高淹水風險
	035K+500~035K+700			高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	035K+700~035K+800			中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	035K+800~036K+200		萬榮鄉	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	043K+300~047K+700		光復鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	062K+700~062K+900		瑞穗鄉	高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	107K+700~107K+900	臺東縣	池上鄉	高	中低	中高	中低	**中高坡災風險**
	125K+400~125K+500		關山鎮	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	140K+400~140K+700		延平鄉	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	141K+100~141K+200、141K+600~141K+700、142K+000~147K+000		卑南鄉	中高	中低	中	中	**中高坡災風險**

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(8/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
東部幹線	141K+200~141K+600、141K+700~142K+000	臺東縣	卑南鄉	高	中低	中	中	**中高坡災風險**
屏東南迴線	017K+200~017K+700	屏東縣	潮州鎮	高	中	中高	中	中高淹水風險
	026K+100~026K+300、026K+700~030K+300		林邊鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	026K+300~026K+700			高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	030K+300~031K+500		佳冬鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	039K+300~039K+600		枋寮鄉	高	中	中高	中	中高淹水風險
	048K+500~048K+600、053K+500~053K+600、057K+000~057K+100、058K+000~058K+100、058K+800~059K+500、059K+600~060K+000、060K+200~060K+300、062K+200~062K+400、062K+500~062K+600		獅子鄉	中高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	051K+900~053K+500、053K+800~056K+000、056K+900~057K+000、057K+100~057K+200、059K+500~059K+600、062K+400~062K+500			中高	中低	中	中低	**中高坡災風險**
	056K+800~056K+900、057K+200~057K+400、058K+100~058K+200、060K+300~060K+500、061K+800~061K+900、062K+800~063K+000、063K+600~063K+900、063K+900~064K+000			高	中低	中	中低	**中高坡災風險**
	057K+400~058K+000、058K+200~058K+500、060K+000~060K+200、060K+300~060K+400、060K+500~061K+800、061K+900~062K+200、062K+600~062K+800、063K+000~063K+600、064K+000~064K+100、中央號誌車站			高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	072K+100~072K+200、072K+900~073K+000	臺東縣	達仁鄉	中高	中低	中	中低	**中高坡災風險**
	072K+200~072K+900			高	中低	中	中低	**中高坡災風險**
	078K+400~078K+900			高	中低	中低	中	**中高坡災風險**

7. 臺鐵基期風險熱點之分布與評估結果(9/9)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
屏東南迴線	079K+000~081K+900、古莊車站	臺東縣	大武鄉	高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	083K+200~084K+300			高	中低	中	中低	**中高坡災風險**
	大武車站			高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	098K+200~099K+200、109K+500~120K+000		太麻里鄉	高	中低	中	中低	**中高坡災風險**
	100K+700~109K+200			高	中低	中低	中	**中高坡災風險**
	121K+100~121K+200			中高	中低	中	中低	**中高坡災風險**
	太麻里車站			高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	134K+700~135K+500		臺東市	中高	中低	中	中低	**中高坡災風險**

8 臺鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(1/7)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
北迴線	018K+700~018K+800	宜蘭縣	蘇澳鎮	中高(中)	中高	中	中高	**中高坡災風險(中)**
	076K+200~077K+000	花蓮縣	新城鄉	高	中高(中)	中高	中	中高淹水風險
	077K+400~078K+500		花蓮市	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	崇德車站		秀林鄉	中高(高)	中高	中	中高	**中高坡災風險(高)**
	景美車站			中高(高)	中高(中)	中	中高(中)	**中高坡災風險**
成追線	203K+500~204K+200	臺中市	烏日區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	204K+200~206K+000		大肚區	高	中高	中	中高	高淹水風險
西部幹線	000K+300~000K+500	基隆市	中山區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	000K+500~000K+700		仁愛區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	001K+000~001K+200			高	中	中	中	中高淹水風險
	004K+400~004K+500		暖暖區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	004K+900~005K+000			高	中高	中	中高	高淹水風險
	006K+400~010K+300		七堵區	高	高	中	中高	高淹水風險
	011K+900~016K+000	新北市	汐止區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	016K+000~017K+700			高(低)	高	中高	中高	高淹水風險(中低)
	034K+600~034K+700		板橋區	中高(低)	高	中高	中高	中高淹水風險(中低)
	034K+700~035K+000			高(低)	高	中高	中高	高淹水風險(中低)
	035K+700~037K+200			中高(低)	高	中	中高	中高淹水風險(中低)
	017K+700~018K+000	臺北市	南港區	高(低)	高	中高	中高	高淹水風險(中低)
	018K+000~018K+100			中高(低)	高	中高	中高	中高淹水風險(中低)
	021K+100~021K+600			中高(低)	高	中	中高	中高淹水風險(中低)
	022K+000~023K+100		信義區	高(低)	高	中	中高	高淹水風險(中低)

8 臺鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(2/7)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線	023K+100~023K+400	臺北市	信義區	中高(低)	高	中	中高	中高淹水風險(中低)
	024K+700~025K+300		大安區	中高(低)	高	中	中高	中高淹水風險(中低)
	025K+300~025K+700			中高(低)	高	中高	中高	中高淹水風險(中低)
	026K+800~026K+900、027K+800~029K+800		中正區	中高(低)	高	中高	中高	中高淹水風險(中低)
	026K+900~027K+800			高(低)	高	中高	中高	高淹水風險(中低)
	031K+400~031K+500、031K+800~031K+900		萬華區	中高(低)	高	中高	中高	中高淹水風險(中低)
	031K+500~031K+800			高(低)	高	中高	中高	高淹水風險(中低)
	056K+900~060K+700	桃園市	桃園區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	060K+700~062K+400		八德區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	065K+100~067K+000		中壢區	高	高	中	中高	高淹水風險
	069K+300~069K+600		平鎮區	高	高	中高	中高	高淹水風險
	080K+700~086K+500		楊梅區	高	高(中高)	中	中高	高淹水風險
	089K+800~094K+100	新竹縣	湖口鄉	高	高	中	中高	高淹水風險
	095K+400~095K+500		新豐鄉	高	高	中	中高	高淹水風險
	095K+500~096K+000			高	中高	中	中高	高淹水風險
	096K+900~102K+800		竹北市	高	高	中	中高	高淹水風險
	102K+800~107K+200	新竹市	東區	高	高	中	中高	高淹水風險
	107K+200~107K+300		北區	高	高	中	中高	高淹水風險
	107K+300~108K+300			高	中高	中	中高	高淹水風險
	108K+300~110K+100		香山區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	110K+100~111K+100			高	中高	中低	中高	高淹水風險
	111K+100~111K+200			高	中高	中	中高	高淹水風險

8 臺鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(3/7)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線	111K+200~114K+600	新竹市	香山區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	114K+600~114K+800			高	中高	中	中高	高淹水風險
	114K+800~117K+700			高	中高	中低	中高	高淹水風險
	117K+700~119K+100			高	中高	中	中高	高淹水風險
	123K+700~129K+500	苗栗縣	竹南鎮	高	高	中	中高	高淹水風險
	129K+700~131K+000		造橋鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	136K+500~137K+000		後龍鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險
	198K+100~204K+200	臺中市	烏日區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	204K+200~210K+100		大肚區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	210K+200~210K+300			高	高(中高)	中	中高	高淹水風險
	210K+300~219K+100	彰化縣	彰化市	高	高(中高)	中	中高	高淹水風險
	219K+100~220K+800		花壇鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	224K+800~227K+800		大村鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	227K+800~228K+000			高	中高	中高	中	中高淹水風險
	229K+300~231K+800		員林鎮	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	231K+800~233K+100			高	中高	中	中高	高淹水風險
	234K+600~235K+200		永靖鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	267K+000~269K+900	雲林縣	斗六市	高	中高	中	中高	高淹水風險
	271K+300~277K+900		斗南鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	277K+900~282K+500	嘉義縣	大林鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	282K+500~283K+200		溪口鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	287K+400~290K+900		民雄鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險

8 臺鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(4/7)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線	299K+400~306K+700	嘉義縣	水上鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	292K+100~292K+600	嘉義市	東區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	297K+200~297K+800		西區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	306K+700~315K+600	臺南市	後壁區	高	中	中	中	中高淹水風險
	319K+600~320K+700		新營區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	323K+600~324K+500		柳營區	高	中高(中)	中低	中高	高淹水風險
	324K+500~324K+600			高	中高(中)	中	中高(中)	高淹水風險(中高)
	324K+600~324K+700		六甲區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	328K+600~328K+900		官田區	高	中高	中低	中高	高淹水風險
	331K+000~334K+900			高	中高	中	中高	高淹水風險
	334K+900~336K+600		善化區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	344K+000~348K+100		新市區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	348K+100~348K+200			高	高	中	中高	高淹水風險
	348K+200~350K+800、355K+300~355K+500		永康區	高	高	中	中高	高淹水風險
	355K+100~355K+300			中	高	中低	高	中高淹水風險
	355K+500~355K+600		北區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	359K+300~360K+200		東區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	363K+800~368K+700		仁德區	高	高	中	中高	高淹水風險
	380K+400~384K+900	高雄市	岡山區	高	高	中	中高	高淹水風險
	385K+000~385K+300		橋頭區	高	中高	中	中高	高淹水風險
	411K+600~412K+100		鳳山區	高	中高	中	中高	高淹水風險
西部幹線(海)	126K+400~128K+900	苗栗縣	竹南鎮	高	中高	中	中高	高淹水風險

8 臺鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(5/7)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
西部幹線(海)	128K+900~132K+100	苗栗縣	造橋鄉	高	中	中	中	中高淹水風險
	132K+100~140K+300		後龍鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	140K+300~142K+000			高	中(中低)	中	中	中高淹水風險
	142K+400~151K+100			高	中(中低)	中低	中高(中)	高淹水風險(中高)
	151K+100~163K+900		通霄鎮	高	中(中低)	中低	中高(中)	高淹水風險(中高)
	163K+900~165K+500			高	中(中低)	中	中	中高淹水風險
	166K+200~166K+300		苑裡鎮	高	中(中低)	中	中	中高淹水風險
	169K+200~169K+800			高	中低	中	中	中高淹水風險
	179K+100~179K+500	臺中市	大甲區	高	中	中	中	中高淹水風險
	183K+600~191K+400		清水區	高	中	中	中	中高淹水風險
	191K+400~196K+400		沙鹿區	高	中	中	中	中高淹水風險
	196K+400~201K+000		龍井區	高	中	中	中	中高淹水風險
	201K+000~201K+500			高	中	中低	中高	高淹水風險
	201K+500~206K+000		大肚區	高	中	中低	中高	高淹水風險
	206K+000~210K+000			高	中	中	中	中高淹水風險
宜蘭線	023K+400~026K+300	新北市	雙溪區	高	中低	中	中	中高淹水風險
	030K+100~030K+300		貢寮區	高	中	中	中	中高淹水風險
	056K+800~056K+900	宜蘭縣	頭城鎮	高	中	中	中	中高淹水風險
	063K+900~065K+200		礁溪鄉	高	中高(中)	中	中高(中)	高淹水風險(中高)
	065K+200~067K+600			高	中高(中)	中高	中	中高淹水風險
	069K+200~070K+000		宜蘭市	高	中高(中)	中高	中	中高淹水風險
	076K+500~079K+100		五結鄉	高	中高(中)	中高	中	中高淹水風險

8 臺鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(6/7)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	運設施調適能力	脆弱度	風險
宜蘭線	079K+100~080K+200	宜蘭縣	羅東鎮	高	中高(中)	中高	中	中高淹水風險
	083K+400~084K+000		冬山鄉	高	中高	中	中高	高淹水風險
	084K+000~084K+700			高	中高	中高	中	中高淹水風險
	089K+100~089K+300		蘇澳鎮	高	中高	中高	中	中高淹水風險
	089K+300~089K+500			高	中	中高	中	中高淹水風險
東部幹線	002K+600~002K+900	花蓮縣	吉安鄉	高	中	中高	中	中高淹水風險
	016K+100~018K+500		壽豐鄉	高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	志學車站			中高	中低	中	中	**中高坡災風險**
	025K+600~025K+800		鳳林鎮	高(低)	中低	中	中	中高淹水風險(中低)
	031K+900~037K+400			高	中低	中	中	中高淹水風險
	043K+300~047K+700		光復鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	062K+700~062K+900		瑞穗鄉	高	中低	中高	中低	中高淹水風險
屏東南迴線	017K+200~017K+700	屏東縣	潮州鎮	高	中	中高	中	中高淹水風險
	026K+100~026K+300、026K+700~030K+300		林邊鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	026K+300~026K+700			高	中低	中高	中低	中高淹水風險
	030K+300~031K+500		佳冬鄉	高	中低	中	中	中高淹水風險
	039K+300~039K+600		枋寮鄉	高	中	中高	中	中高淹水風險
	053K+600~055K+300		獅子鄉	中高(中)	中低	中	中(中低)	**中高坡災風險(中)**
	058K+700~058K+800			中高(中)	中低	中低	中	**中高坡災風險(中)**
	中央號誌車站			高	低(中低)	中低	中	**中高坡災風險**
	097K+200~097K+300	臺東縣	太麻里鄉	中高(中)	中低	中	中(中低)	**中高坡災風險(中)**
	太麻里車站			高	中低	中	中	**中高坡災風險**

8 臺鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(7/7)

路線別	路段或車站	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
屏東南迴線	大武車站	臺東縣	大武鄉	高	低(中低)	中	中低(中)	**中高坡災風險**
	古莊車站			高	低(中低)	中低	中	**中高坡災風險**

9. 高鐵基期風險熱點之分布與評估結果(1/1)

路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
077K+500	新竹市	東區	高	高	高	中	**中高坡災風險**
078K+750、079K+750~084K+250、085K+250、086K+250~086K+500	新竹縣	寶山鄉	高	高	高	中	**中高坡災風險**
079K+000~079K+250、085K+750			高	高	中高	中高	**高坡災風險**
079K+500、084K+750			中高	高	高	中	**中高坡災風險**
高鐵新竹站		竹北市	高	中高	中高	高	高淹水風險
093K+250~093K+500、096K+000~097K+250	苗栗縣	頭份市	高	高	高	中	**中高坡災風險**
093K+750			高	高	中高	中高	**高坡災風險**
097K+500~098K+500			中高	高	高	中	**中高坡災風險**
098K+750、099K+750、100K+750~101K+000		造橋鄉	中高	中高	高	中	**中高坡災風險**
099K+000~099K+500、100K+000~100K+500、101K+250~103K+000			高	中高	高	中	**中高坡災風險**
122K+500		通霄鎮	中高	中高	高	中	**中高坡災風險**
122K+750~124K+250			高	中高	高	中	**中高坡災風險**
高鐵臺中站	臺中市	烏日區	高	中高	中高	高	高淹水風險

10 高鐵未來氣候變遷情境新增之風險熱點分布與評估結果(1/1)

路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	潛在影響程度	設施調適能力	脆弱度	風險
-001K+000~-001K+250	臺北市	南港區	中高(中)	高	中(中低)	中高(低)	中高淹水風險(低)
-000K+500~000K+500		信義區	中高(中)	高	中(中低)	高(低)	中高淹水風險(低)
000K+750			中高(中)	高	中(中低)	中高(低)	中高淹水風險(低)
003K+000~002K+250		大安區	中高(中)	高	中(中低)	中高(低)	中高淹水風險(低)
004K+250		中正區	中高(中)	高	中(中低)	中高(低)	中高淹水風險(低)
005K+250~004K+500			中高(中)	高	中(中低)	高(低)	中高淹水風險(低)
007K+250~006K+250			高	高	中	中高(低)	中高淹水風險(中低)
009K+250~009K+000		萬華區	高	高	中	高(低)	中高淹水風險(中低)
012K+500~012K+250	新北市	板橋區	高	高	中	高(低)	中高淹水風險(中低)
014K+500~013K+250			高	高	中	中高(低)	中高淹水風險(中低)

路段	縣市	鄉鎮市區	危害度	社經影響程度	運輸設施現有能力	脆弱度	風險
77k+700	新竹市	東區	高(中高)	高(中高)	中低	中高(中)	高坡災風險(中)
77k+800	新竹市	東區	中高	高(中高)	中低	中高(中)	中高坡災風險(中)
79k+200、84k+100、86k+000	新竹縣	寶山鄉	高(中~中高)	高(中高)	中低	中高(中)	高坡災風險(中)
77k+900、78k+600~78k+700、79k+400~79k+600、80k+100~80k+300、80k+600~80k+800、81k+700、82k+000~82k+600、82k+900~83k+000、83k+800~84k+000、84k+200、84k+600~85k+200、85k+400~85k+700	新竹縣	寶山鄉	中高(中~中高)	高(中高)	中低	中高(中)	中高坡災風險(中)
92k+600~92k+700、96k+500	苗栗縣	頭份鎮	高(中高)	中高	中低	中	中高坡災風險(中)

附錄二

審查意見辦理情形

附錄 2 審查意見辦理情形

附錄 2.1 服務建議書評選意見辦理情形

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
陳委員 進發	1. 評估指標是否將交通量納入?	交通量指標已納到脆弱度指標(潛在影響程度)考量，採用公路日交通量、鐵路站間乘客數。	同意辦理
	2. 各項指標如何確實反應不同系統路段之風險評估。	路段之風險評估透過淹水、坡災潛勢評估在氣候變遷下不同重現年的風險狀況，並納入設施狀態(設施安全性)、發生災害時影響程度(產值、交通量)、設施調適能力(設施安全性、監測、替代道路數)，分析時亦會針對系統特性如平面、高架、隧道調整分析方法，總合評估各路段風險。	同意辦理
林委員 美聆	1. 本年度工作重點之一在於強化各項評估指標，因此請說明今年是否新增新的評估指標，另評估指標之內容、權重分配方式應加強說明，並表現不同指標間之評分定義。	今年為計畫延續之第三年，方法檢討上主要是透過設施主管單位訪談、掌握實務上面臨機端氣候下各單位的實際作法與調適作為，讓風險評估結果可回饋到目前管理或改善評估計畫作業中。經參考公總、台鐵、高公局、高鐵公司訪談建議與實務作業；以 AR5 風險定義，強化原有評估方法。方法說明如下： 風險 = f(危害度, 暴露度,脆弱度) ● 風險：氣候變遷對設施未來可能損害或損失的程度 ● 危害度：氣候變遷引起的災害對交通設施產生衝擊	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
林委員 美聆		之失能機率或程度(坡災與淹水危害) ● 暴露度：設施的狀態易受危害影響，而且已經暴露在危害的威脅之下(設施安全性) ● 脆弱度：設施受氣候變遷負面影響的傾向與本質，包括損害敏感、容易受災特性，以及缺乏應付與適應的能力(潛在影響、預警應變能力) 各指標分級方式與意義說明請委員參閱第三章之說明。	
	2. 報告書 P3-2，各運輸系統根據交通量或乘客數分為 5 個等級，但由於交通量各路段容量不一，本身有不同之交通量負荷，因此建議應該針對不同道路系統，應分為不同等級交通量與乘客數。	交通量分級係考量不同運輸系統之交通量、乘客數「離散程度」，先界定高、低兩級，再以高低兩級之中位數作為中等影響參考值，結合「筆數均等」及微調分級，,界定中高、中、中低等級。除了國、省道 5 級分之交通量相同外，各等級為不同之交通量。	同意辦理
	3. 目前危害度仍以 100 年、200 年重現期表示，其與 TCCIP AR4 情境 A1B 之間之關係應能予以反應，並表現近未來及長程之影響。	本計畫針對氣候變遷鐵公路設施危害分為淹水及坡災兩種類型，並參考國內氣候變遷相關研究中(如水規所或水利署)對於未來 A1B 氣候情境各雨量重現期資料，加以計算未來氣候變遷不同雨量重現期之危害程度。	同意辦理
	4. 文獻回顧中，建議應針對國內外目前有關國家氣候變遷調適策略進行彙整比較其優缺點與提出建議。	國內外調適策略彙整補充說明於期中報告第二章，請委員參閱。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
林委員 美聆	5. 有關脆弱度分析指標中，社經影響程度目前僅採用產值與交通量，其中影響人口數應為重要關鍵，未納入之考量因素為何?	前期研究(102 年)社經影響程度評估指標包含「潛在影響人口數」、「潛在影響及業人數」及「日交通量或每日乘客數」。考量前述指標均與人口數相關，指標間相依程度高，因此本次計畫於「交通需求」與「經濟發展」中各以一項代表性指標納入評估。	同意辦理
	6. 替代道路目前採用數量來界定，是否應以運量為指標較合宜。	考量運量指標已納入潛在影響指標評估之中，而替代道路過去評估過多種評估方式可行性，包含利用運輸模型分析路段中斷所增加旅行時間等方式，但因複雜度過高，故採用以中斷時可通時之替代道路數進行考量。	同意辦理
	7. 運輸設施現有能力指標宜考量各設施之耐災力。	指標中之設施安全性是透過橋梁管理系統、邊坡分級資料來呈現設施在面對淹水、坡災之耐災力，未來如有更為確實之設施狀態資料將再納入該指標分析中，如設施排水能力。	同意辦理
朱委員 珮芸	1. 簡報 P20，有關權重之設定，建議應進一步說明將應用在哪一部分。	權重設定在脆弱度指標中潛在影響程度和設施調適能力指標中，提供設施主管單位再評估如南迴鐵路其產值不高地區路段，突顯災害潛勢高且設施安全性低路段，反之亦可針對高產值或高交通量路段提高潛在影響程度所占權重，供經費有限情況下之高風險路段評估改善優先性之方式。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
朱委員 珮芸	2. 簡報 P22，根據過去辦理說明會方式，參與人數相對較少，因此本年度希望藉由需求訪談各部屬機關，透過課程設計，例如: 測驗題目，讓各單位成員可以深入使用與瞭解系統，提高使用率與能見度，因此除說明會方式，建議應考量是否有其他操作方式可行。	期中階段辦理之第一階段巡迴推廣與與平台使用需求訪談，將依委員建議製作課程教材，並於講解操作練習後，進行使用需求訪談，掌握各單位之使用意見與需求，作為平台擴充功能之參考。	同意辦理
	3. 簡報 P32，預定進度甘特圖中，教育訓練與部屬機關推廣之差異為何?	教育訓練係針對今年成果與平台操作進行說明對向主要為所內人員，部屬機關推廣則為使運輸主管機關對於風險評估機制有所了解，同時蒐集各機關對於平台功能及評估指標相關意見。	同意辦理
馮委員 正民	1. 各項指標本年度是否針對定義、評估方法再進行檢討修正。	期中階段透過與設施主管單位之深度訪談以及資料蒐集方式，強化評估方法與指標。	同意辦理
	2. 是否根據不同情境調適策略進行模擬，分析出不同的風險等級，以比較有無氣候變遷之差異。	分析上是透過 50、100、200 不同重現年模擬各路段有無氣候變遷差異，本計畫並另行針對維生設施聯外道路進行模擬。	同意辦理

附錄 2.2 期中報告審查意見辦理情形

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
馮委員正民		
(一) 報告 P.2-35 中歐盟調適策略表格，氣候類型欄位中之「所有」及「全部」，所指為何?有何差異?	經確認該歐盟案例，所探討氣候類型為暴雨、乾旱與霜雪，報告中將統一用語為「全部」，並於表格下方增加註解說明。	同意辦理
(二) 建議文獻針對不同氣候變遷類型彙整調適策略集合，依照不同災害別歸類調適策略。	彙整歷年成果，將調適策略集合，於期末報告 2.2.4 節中呈現。	同意辦理
(三) 請說明報告 P.3-15 在坡災危害中依據邊坡分級結果給予平面或高架路段之設施安全性指標 1、2、4、5 級分，缺少 3 級分原因?	感謝委員建議，透過工作會確認將無邊坡、無風險路段列為等級 1，其餘依 ABCD 級對照調整為 5~2 級分。	同意辦理
(四) 同上，請補充報告 P.3-16 在淹水危害中依據橋梁管理 PI 值給予高架路段或河川橋之設施安全性指標 3~5 級分，缺少 1、2 級分原因?	過去為考量橋梁指標 99%為 90~100 之間，且一般認為橋梁在淹水能力較平面為佳，故最低設在 3 級分，後考量設施除橋梁外尚有平面、隧道段，故調整為以邊坡分級、年期評估設施安全性。	同意辦理
(五) 報告 P.3-17 中交通量、替代道路數對應潛在影響程度、設施調適能力的分級情形，應再詳加說明避免誤解。	潛在影響程度指標包含產值、交通量；設施調適能力則為監測、替代道路數、設施安全性。各指標中包含項目分級乘上該項目權重後加總，取得潛在影響程度指標、設施調適能力指標之等級。詳細說明補充於期末報告第三章。	同意辦理
(六) 報告 P.3-19 脆弱度公式上容易讓人誤解為設施調適能力越大，脆弱度越大，請團隊再檢視修正。	調整將設施調適能力各指標為正向分級，即分級越高則調適能力越好，並同時調整脆弱度之計算公式。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
(七) 建議補充實施調適措施後，鐵公路設施在風險矩陣評估結果之變化。	補充調適策略於風險矩陣中與脆弱度及調適能力的對應與反饋方式。	同意辦理
(八) 請說明設施安全性指標在危害度及脆弱度皆納入計算之原因?	對於設施在不同指標中所代表意涵，調整為危害度評估時，同時考量設施元件；設施安全性時則以邊坡分級、年期為評估。	同意辦理
(九) 簡報 P.29 於潛在影響程度及設施調適能力公式上，目前是給予一樣的權重，建議參考第 4 式方式加入權重，由主管機關依其重視的因子給予不同的權重。	修正計算式之呈現與說明方式，權重設定上，考量指標間權重差異低，對於最終之風險等級將不會有影響，權重至少需達 0.75 以上的對比，或變數 3 項以上時，權重要達 0.5 以上的對比，方具有效果，因此，設定上採此種差異處理。	同意辦理
(十) 脆弱度指標中使用之交通量與產值，較屬於經濟面之脆弱度，人口數則能夠反映社會面之脆弱，建議可再評估是否納入。	前期研究(102 年)社經影響程度評估指標包含「潛在影響人口數」、「潛在影響及業人數」及「日交通量或每日乘客數」，考量三變數間互有關係，且人口資料僅有戶籍人口統計，而無實住人口資料，不易反映當地實際活動人口，而交通量多寡與實質居住人口、活動量有密切關聯，因此，選取交通量指標作為反映「交通需求」與「人口活動量」面向之指標。	同意辦理
陳委員起鳳		
(一) 期中報告內容豐富，符合進度要求，值得肯定。	感謝委員肯定。	同意辦理
(二) 請說明淹水、坡災潛勢資料更新情況?	淹水潛勢圖更新週期為 5 年一次，分區域共 3 年期計畫進行更新，第二代為 96~98 年，第三代為 103~105 年，預計 106	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
	年公告。坡災潛勢為另案模擬成果，建議於 107 年配合第三代淹水潛勢圖辦理更新作業。	
(三) 產值資料如何轉化為空間圖資?	產值資料採用行政院主計總處「100 年工商及服務業普查」之鄉鎮市區統計資料-生產總額，將數值資料匯入鄉鎮行政區界數值圖檔中進行空間化的呈現，鄉鎮交界處則選擇產值較高者為代表值。	同意辦理
(四) 高溫問題對臺灣影響越趨明顯，未來是否納入計畫研究範疇可再檢討，或建議相關主管單位另提計畫進行研究。	氣象站所監測取得溫度和設施影響溫度，受各路段周邊建物、環境、曝曬情況等影響，具不同差異性，未來如進行此類研究，建議由軌溫偵測器之長期偵測資料進行分析。本計畫所收集各國調適策略在高溫議題上亦可提供相關單位參考。	同意辦理
(五) 本次計畫平台功能新增指標自選權重功能，是否會造成各單位未來使用風險地圖時有標準不一情況?	在整體評估時仍將以原始設定權重為主，然而在主管機關應用，如南迴鐵路運量及產值較低，在風險地圖考量發生災害之機率與成本下，相較其它災害機率低但成本高路段，相對風險等級較低，此部分依各單位在經費或計畫編列之策略傾向有所不同，使用時應說明其權重設定。	同意辦理
(六) 強化脆弱度指標為本次計畫重點，修訂後應可提高評估結果準確度。本次計畫風險評估方法與前期研究不同，使用設施安全性做為暴露度評估指標，並同時於危害度及脆弱度納入考量。調整後之評估方法是否優於前期，需	對於調整後評估結果，驗證結果說明於報告第 4.3 節。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
透過進一步的檢視驗證。		
(七) 若為凸顯設施安全性之重要，或可思考以提高權重方式，避免同時於危害度及脆弱度計算。	對於設施在不同指標中所代表意涵，調整為危害度評估時，同時考量設施元件；設施安全性時則以邊坡分級、年期為評估。	同意辦理
陳委員永明		
(一) 報告應能夠呈現出來有、無氣候變遷影響下的風險結果差異，並據以提出對應的調適手段。	本研究著重在風險評估方法與資訊進階服務作業上，風險評估包含淹水與坡災各六種情境之差異，此方面之成果將於期末報告中呈現。	同意辦理
(二) 本計畫的氣候情境模擬應先說明清楚，是否延續前期的氣候情境?	在災害潛勢之模擬情境延續前期氣候情境分為基年和未來年各別之 50、100、200 重現年，相關說明補充於報告 3.3 節中。	同意辦理
(三) 本次計畫確定使用 AR5 的風險定義，提供以下建議供參： (1) IPCC 在 AR5 加入暴露度目的主要係考量，調適手段大致可分為降低脆弱度(如：工程補強)，或降低暴露量兩種方式。因調適手段不一定僅能透過工程手段去降低脆弱度，亦可減少暴露量，因此在 AR5 中把暴露度獨立出來。 (2) 危害度取決於各國溫室氣體排放情境，所以只能呈現不同排放情境下的危害度(即計畫需定義的氣候情境)，通常不會做為降低風險的因素。 (3) 暴露度及脆弱度的界定必須清楚，建議可從界定的目的，以及在風險降低處理上如何操作，予以釐清。	(1)以運輸系統而言，設施本身脆弱度以及設施本身暴露的環境條件與 AR5 所提的風險定義相似，具有重疊效應。 (2)危害度的定義是環境不可或難以改變之條件，但不同設施型式在面對災害之條件有所差異，故在評估方法，先篩選高危害和設施型式有災害疑慮路段，再依代表脆弱度指標進行篩選，而評估設施脆弱度時，其設施安全性仍為分析基礎，故保留在脆弱度指標之中。 (3) 暴露度為風險分析中保存標的，一般氣候變遷風險評估之標的為人、財產，而本計畫所針對為設施，其暴露度已隱	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
	含在危害度計算中，故與其他計畫將產值、交通量視於暴露度評估有所差異。	
(四) 暴露度、脆弱度等名詞定義及界定是複雜的事，也常落入其名詞定義合理與否的迷思。建議可先產出風險地圖，讓相關單位檢視符不符合目前實務風險評估的概念，藉以檢視使用的指標或定義是否適當。	各國在推動氣候調適時，亦面臨著各設施所需評估方式、資料完整性皆有所不同，因此以既有資料篩選出高風險路段為因應方式，甚至資料不足單位，則採用專家或養護單位討論選址方式，讓調適可更快落實到設施細部檢討改善評估；本計畫之目的亦在蒐集各單位既有設施資訊，協助設施主管機關瞭解應評估之高風險路段，同時透過機關回饋資訊，檢討指標與評估方法，本分析方法之妥適性與驗證補充說明於期末報告之中。	同意辦理
陳委員進發		
(一) 報告 P.3-1 風險評估指標之檢討，宜先定義有無條件設定，例如交通設施坡災風險，其坡災類型為何？以目前統計類型概有上邊坡岩坡崩塌、土坡崩塌、土石混合料崩塌、路基缺口及流失、零星落石、水曝、土石流及山洪爆發等，依其致災成因計有降雨、上游洪峰曲流攻擊、土石流堆積、節理受震或熱脹冷縮開裂，非僅係崩塌機率模型可代表全部（如本報告表 4.1-1 風險評估指標項目說明），應針對現階段可評估之範圍作界定，以免誤用，例如高聳邊坡無風無雨下之零星落石即無法納入風險評估範圍。	感謝委員的意見，本計畫之坡災僅針對不同降雨情境下，上邊坡發生淺層滑動、深層滑動、落石、岩屑崩落等情形之潛勢機率的模擬。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
(二) 報告 P.3-4 設施調適能力之評估，應延續前期控制策略，分析如何執行降低脆弱度及暴露度之方法為主，例如何者為防災工程，何者為防災管理，應於何時執行之建議。	感謝委員建議，後續將就風險評估結果應用說明補充於期末報告中。	同意辦理
(三) 報告 3.4 節坡災潛勢評估，如圖 3.4.1 自變數應係各降雨延時(1、3、6、24 小時、事件總累積雨量)，非僅 24 小時累積雨量值，應先辦理相關性分析，找出控制災害規模及次數之自變數(至少短延時及長延時各 1)，再迴歸出自變數組合條件下崩塌機率模型。	感謝委員建議，坡災潛勢為另案模擬成果，考量本案之研究範疇與主題，建議可於 107 年配合第三代淹水潛勢圖公布，同步辦理淹水與坡災兩項危害度更新與模擬作業。	同意辦理
(四) 報告 P.3-18 及表 3.4-4 所列監測類型僅係儀錶監測法過於狹隘，目前常用的滑坡監測方法主要有宏觀地質監測法、簡易監測法、設站觀測法、大地精密測量法、儀錶監測法和自動遙測法等(見運研所 104 年道路邊坡滑動自動攝影監測系統之研究)，應予補充說明。	感謝委員建議，本計畫在檢討監測指標時，亦遇到不同監測系統、方式所代表之預警應變能力皆不相同，考量非所有路段皆需設置監測系統，應更著重在設施主管單位的應變機制，故將監測指標更名為預警應變作為；另在無客觀評定不同路段應變作為程度優劣情況下，目前針對有完善監測系統路段、監測設施或重點監控路段給予較高評分。	同意辦理
(五) 本研究報告多偏重於邊坡監測（如表 4.1-1 及 4.1-2），監測依情境之不同，設置目的亦不同。例如平時與災時不同，災時之儀錶監測是否尚能維持運作，對於鐵公路之自然高聳邊坡是否能予裝設，又裝了要看什麼才是最重要的，而不宜以單一地滑邊坡所裝設之儀器一體適用於全島	贊同委員之看法，不同路段、風險、環境條件需要設置之監測系統有所不同，在無客觀評比監測是否足夠情況下，目前依各機關提供監測系統、重點監控路段，作為路段預警應變作為之判定，後續若能由鐵公路主管機關取得更進一步之資訊，則可再行精進。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
中高潛勢能自然邊坡上，應該予以平衡且客觀評估其適用與不適用範圍，如此方能協助鐵公路管理自然邊坡單位找到有效方法。		
(六) 資訊平台之查詢功能要注意 Google 搜尋網頁之頁庫存檔之個資保護，以及首頁查詢之記憶體大小。	感謝委員提醒，平台主要使用對象為機關使用者，目前未開放搜尋機器人檢索，另外有設定帳號及密碼去管理使用的人員，尚無庫存頁面問題；另外系統各功能，在較占記憶體如空間檢索、資料庫查詢等，皆經測試，未來如使用人次超出預期時，將再檢討是否需增加硬體或限制登入人數因應。	同意辦理
(七) 邊坡分級除 ABCD 級外，還有未分級部分，屬於無坡災疑慮部分，故應該還是能分為 5 等級。	感謝委員建議，將無邊坡、無風險路段列為等級 1，其餘依 ABCD 級對照調整為 5~2 級分。	同意辦理
(八) 本案整體性描述可採層次性敘述，先就 IPCC AR5 氣候變遷影響之 7 大因子說明，並針對臺灣地區鐵公路設施所面臨的氣候風險因子予以界定，續依風險分析結果採控制策略，由控制策略中找出方法，而方法需有時間軸之概念，如平時與災時的策略應有不同。	感謝委員建議，期末階段將就評估方法與不同情境之應用說明進行說明，以利設施主管機關應用在策略研擬訂定上。	同意辦理
(九) 公路管理單位對風險之定義，可參考所提供之台灣公路工程月刊第 42 卷第 7 期內之文章。	感謝委員提供之參考資料，研究團隊將參酌納入。	同意辦理
(十) 報告 P.3-17 交通量潛在影響程度，是否考量以流量與道路容量比值較能反映其敏感度?	潛在影響程度包含交通量與產值兩項指標，交通量指標之意涵在於反映「交通需求」與「活動量」多寡，故仍建議維持既有之交通量指標。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
施委員文雄		
(一) 研究團隊充分收集世界各國發展趨勢，研究方向正確予以肯定。	感謝委員肯定。	同意辦理
(二) 鐵路相關風險限於淹水及坡災似有所不足，淹水應考慮 1.沖刷之監測；2.路線路基是否有掏空河床而影響阻力、路基沉陷流失之風險，亦造成軌道挫屈等問題；3.排水能力除設計規範應依實際使用作回饋方能呈現真實面；4.高溫造成設計強度變化、材料強度降低；5.結構體之強度弱化；6.電車線弛度增加；7.號誌通信異常；8.沿線植生變化致落葉異常等。	感謝委員建議，運輸設施面臨之風險與考驗確實相當多，前期計畫亦曾評估是否需納入地震、海平面上升、土壤液化等，在經費與時程考量下，選擇先針對淹水及坡災兩項進行研究。現階段將先針對委員建議之不同風險之相關調適策略納入於文獻回顧中補充說明。	同意辦理
(三) 調適能力因子應納入 1.災害地圖之雙向運用由中央與營運單位雙向滾動檢討；2.常時監測體制應結合維修體制基準檢討；3.營運維修反應之問題及需求回饋調整增加改建規範；4.運轉規範應配合氣候變遷檢討基準；5.設施調適能力可考量除設施外軟體對策，如管轄單位對災害地圖、動態資訊掌握判斷能力，危機管理能力等，甚至具備防災降低災害之研發能力。	感謝委員建議，本計畫研究重點為未來氣候變遷風險評估，與設施主管機關發展之災害應變機制間如何結合，是否納入未來規範檢討、設施機關防災管理機制，是未來需跨單位、跨計畫共同努力的方向。	同意辦理
(四) 災害地圖可增加發生機率、潛在受災指標、經濟損害指標、行政服務降低指標、環境受損指標等。	災害發生機率目前是危害度分析；潛在受災指標則可以風險等級中高以上路段，但未在歷史災點出現路段進行檢視；經濟損害等指標則可透過脆弱度之產值指標分析展示。	同意辦理
(五) 風險評估資訊平台如何發揮實際預防災害，預警以國內近期災	感謝委員建議，本計畫目的在於建置一套可提供決策者充	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
害案例如何改進應用?與其都是指標而不會運用,不如實際上可執行之調適作為。	分客觀的資訊，進行全盤的路網檢視及災害潛勢熱點，瞭解運輸系統於氣候變遷風險熱點成因，作為相關主管機關研提新一期調適行動計畫之依據。風險評估成果需要設施主管機關對於高風險路段檢視確認，再根據此風險資訊進一步研擬調適執行作為。	
交通部路政司(鐵路工程科)		
(一) 考量淹水、坡災潛勢，建議研究範圍可納入臺鐵支線。	台鐵支線包含平溪、深澳、內灣、六家、集集、沙崙等六條共29車站，長度約85公里。考量底圖、元件切分作業時間、能否完整蒐集評估指標需求資料之不確定性因素，建議於先完備主線之分析評估後，後續再納入考量。	同意辦理
(二) 本計畫結束後,如何維持平台之圖資新增與更新維護工作?	平台後續會持續辦理圖資定期更新與系統維運作業，圖資與資料更新作業擬透過與各單位之分工方式，部分由設施主管機關負責，運研所主要負責平台維運與共用資料更新作業。	同意辦理
交通部路政司(公路工程科)		
(一) 報告P.3-10表3.2-1高公局資料收集項目，僅列國道邊坡分級，是否針對國道易淹水路段,如匝道與地方道路交接處予以納入?	國道匝道易淹水路段將洽高公局索取，再進行評估。	同意辦理
(二) 簡報中以本(105)年桃機國2聯絡道做為個案,惟該事件依調查報告非異常氣候所致,建議以近年國道曾發生淹水之路段作驗證。	歷史災害發生原因皆有所差異，亦難以完全歸納是否屬氣候因素，故在驗證路段選擇，期末透過「氣候變遷運輸系統風險評估案例分析」計畫、行車安全6年計畫與流域綜合治	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
	理計畫，從中選出過去已認知具有氣候災害歷史路段，結合既定或已施行之調適作為，評估其調整前後風險變化合理性。	
(三) 淹水危害因子除強降雨，颱風強度增加外，應包括排水容量、集水分區等，研究單位所引用之淹水潛勢圖資係水利署產製，尺度較大，目前已有部分地方政府製作所屬圖資，建議可與水利署圖資比對使用。	水利署正在執行第三代淹水潛勢圖更新作業，精細度也將提升，待 106 年此圖資完成後，可於 107 年納入，提升淹水潛勢分析之精細度。	同意辦理
(四) 本計畫所產生之風險地圖及調適策略，建議後續與國土計畫中之交通部門空間計畫結合。	本計畫之分析成果將提供後續運輸部門在國土計畫部門計畫研擬時之參考。	同意辦理
國道高速公路局		
(一) 針對 P.3-12 危害潛勢與 P.3-13 危害度定義請補充說明如何區分，以及在風險評估的應用。	潛勢代表背景環境無法改變之災害風險，包含淹水潛勢與坡災潛勢兩種。危害度則是進一步考量設施之條件與兩種危害潛勢之關係。若僅單純考量背景環境因素，則設施強化後仍持續被列為高危害路段，將無法凸顯改善路段之成效，因此，應用上建議以設施危害度為主。	同意辦理
(二) P.3-19 評估指標提供自選權重，自選權重運用或是選擇是否有相關標準或程序，建議補充相關運用或案例說明。	遵照辦理，納入期末報告補充說明。	同意辦理
(三) 針對國道設有潛在風險者，如已完成補強並符合規範要求，則針對已補強或定期維護設施，是否可於風險評估中呈現其差異性，並說明如何考量?	補強並符合規範要求之設施，因其安全性提升，故危害矩陣與脆弱度矩陣中皆會反映，風險等級也將跟著下修。	同意辦理
國道新建工程局		

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
無意見。		
臺灣鐵路管理局		
(一) P.3-16 淹水潛勢分級說明，以臺鐵而言，淹水危害應係指淹水高度已達軌面致需停駛，此部分與公路設施不同，是否有不同的潛勢分級方式?	淹水潛勢圖資之精細度目前無法就 30 公分以下淹水高度再細分，因此本期計畫尚無法就台鐵停駛標準給予不同分級處理，需待 106 年水利署第三代淹水潛勢圖公布後，將進一步視資料之精細度，依照停駛標準給予不同分級處理。	同意辦理
(二) 台鐵之設施安全性建議考量路基高層資料。	鐵公路主管機關因無完整之設施高程與排水能力等資料，目前仍難以納入考量，未來若設施管理機關完成此資料之調查與彙整具有數化資料，可再納入評估，精進分析成果。	同意辦理
(三) 河川橋建議可納入土石流風險。	河川橋因未納入淹水潛勢範圍內，需另外透過洪峰高程、警戒水位、土石流警戒區等進行評估，考量作業時程建議於後續計畫再行分析。	同意辦理
鐵路改建工程局		
(一)P.3-4 報告建議改用 PI 指標取代原 CI 指標，建議補充修改原因，俾利引用。 (二)P.3-5 監測系統評估指標建議改監測 2 字較符實際功能。 (三)P.3-14 有關 3.4「風險評估指標修訂」章節，能否納入「地震」評估指標，請參考。	(一)、(二) 遵照辦理。 (三)前期計畫考量地震與氣候變遷關聯較低，未將其視為機端氣候因素，因此，暫不納入此系列研究中評估。	同意辦理
公路總局		
(一) P.3-16 淹水危害分級、潛勢及設施安全分級皆分 3 級，是否考量對應淹水風險評估危害 3*3 矩陣?	各指標之權重採統一值，因此，雖然部分指標非 5 等級皆有對應，但仍建議維持 5*5 之分析方式，避免權重不一造成	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
	之影響。	
(二) 簡報 P.29 如設施安全性指標為何在公式中採用兩次?	危害度為環境不可或難以改變之條件，但若僅考量氣候因素，設施強化後仍持續被列為高危害路段，將無法凸顯出待改善路段，故評估上，先篩選高危害和設施條件較差路段，再依代表脆弱度指標進行篩選，而評估設施脆弱度時，其設施安全性仍為不可缺漏之依據，故亦納入於脆弱度指標之中，此與 AR5 建議之評估方法精神亦一致。	同意辦理
(三) 報告 P.14 以及圖 3.4.2 指出，無邊坡或為隧道在設施安全指標上給予 1 級分，惟對於河川橋、過山隧道及地下隧道統一給予 3 級分。上述元件受崩塌影響機率低，為何較平面及平面高架邊坡 C、D 等級者給予更高的級分?	較無災害疑慮之路段係透過設施結構別，如高架等，在淹水潛勢給予 1 級分，修正淹水潛勢圖未納入設施高程之因素；而在設施安全性評估上，因無客觀，如耐震等級之指標來評比設施抗淹水、坡災之能力，故給予不影響風險評估之中間值 3 級分，未來如有較客觀評比基礎，可再納入。	同意辦理
高鐵公司		
(一) 肯定計畫所作的努力，期許能持續更新。	感謝高鐵公司肯定。	同意辦理
(二) 鐵公路有基本差異，脆弱度和暴露度的定義建議可針對鐵公路差異進行補充。	補充鐵公路之分析定義於期末報告中。	同意辦理
(三) 國內交通主管單位目前除飛安委員會外有出具事故報告外，其餘機關之災害報告皆無公開。希望其他單位也能針對災害事件對外公開報告，提供其他機關做為借鏡。	敬悉，同意高鐵公司之看法。	同意辦理
交通部管理資訊中心		

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
(一) P.3-9 目前 GIS-T 系統長期供應的國快道、台鐵軌道里程樁位為每 100 公尺一點、高鐵里程樁位為每 500 公尺一點、省道為每 500 公尺一點，可以做為長期供應之來源。	感謝交通部管理資訊中心整合交通圖資之努力，目前計畫引用 GIS-T 在國道、省道、臺鐵之里程區分，高鐵則依高鐵公司使用方式，採用 250 公尺點位資訊。	同意辦理
(二) 有關 P.3-9 提到路網數值圖與 TGOS 底圖無法完全疊合部分，據了解 TGOS 運輸系統線型、國省道等資料均是使用路網數值圖進行數化，應無疊合議題，建議可提供本中心哪一區域或是哪一路段有此類問題，供本中心後續進行查明或調整。	圖資更新因 TGOS、路網數值圖和通用版電子地圖更新年期、來源、風格等皆有差異，像是臺鐵南澳至武塔間路段之差異即相當明顯，期末階段將彙整有明顯差異路段，供管理資訊中心參考。	同意辦理
(三) 因調適資料及風險地圖彙整及分析相當多資料之重要研究成果，建議可以發布 WMS 方式提供 GIS-T 系統進行收納及資訊分享，並以主題圖方式供部內相關單位進行參考。	調適平台是採用 WMS 發布套疊，待本期計畫圖資更新完成後，將進一步視後續應用需求，評估是否發布至 GIS-T。	同意辦理
本所綜合技術組(書面意見)		
(一)第二章文獻回顧，請進一步歸納先進國家針對氣候變遷運輸設施風險評估之指標內容。	遵照辦理。	同意辦理
(二)本計畫雖為前期計畫之延續，惟報告內容針對使用其他單位之圖資，包含：淹水潛勢圖資、邊坡崩塌機率，仍應說明清楚其產出方法以及於本計畫應用上之限制等。	遵照辦理。	同意辦理
(三) 第三章為本計畫期中階段工作重點，建議其陳述架構及涵蓋內容如下： (1)本次風險評估指標檢討方式流程； (2)鐵公路主管機關訪談結果重	遵照辦理，調整依照此陳述方式進行撰寫。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行 單位審查意見
點、主管機關提供資料之代表意義，以及納入本次精進評估指標之原因，針對關鍵但目前無法取得相關之指標資料，提出後續建議辦理方式； (3)歸納整理本次與前期風險評估指標之差異； (4)本次風險評估方法調整之主要原因、與 IPCC AR5 風險定義之檢討，並以一案例方式呈現與前期方法結果差異。		
(四)第四章有關評估指標資料數值修改乙節，修改記錄功能應有保存歷次記錄之功能，並請補充系統管理者如何取得修改紀錄表。	功能設計有修改記錄功能(按鍵)，使用者填寫修改後，會帶出修改記錄提供檢視，另外亦可由資料庫表單匯出記錄，此功能將補充說明於期末報告中。	同意辦理
(五) 本次期中報告內容文字，多有詞義未表達完整或缺漏字處，請整體檢視修訂，並逐章予以提供本組審視。	遵照辦理。	同意辦理
(六) 後續請儘速產出鐵公路風險地圖，以利檢視風險熱點及評估方法之合理性。	預計於八月份分批完成風險熱點分析，再透過工作會議、小組討論，檢視確認新方法之合理性。	同意辦理
主席結論與裁示		
(一) 請研究團隊後續儘速產出風險地圖，俾利檢視驗證結果合理性。	八月份將完成新舊方法之比較與驗證，再透過工作會議、小組討論，檢視確認新方法之合理性。	同意辦理
(二) 本計畫期中審查原則通過，請研究團隊針對與會委員與各單位代表所提意見，於收到會議紀錄後一週內提出審查意見辦理情形說明。	遵照辦理。	同意辦理

附錄 2.3 期末報告審查意見辦理情形

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
馮委員正民	1. 簡報 P.15 風險的定義及 P.28 替代道路的定義與計算方法，請再詳加說明。	風險定義為氣候變遷衝擊對交通設施未來可能損害或損失的程度;替代道路數計算公路依路段分段、鐵路依各車站,各路段考量道路等級決定其可替代道路,於服務範圍內之數量決定分級。	同意辦理
	2. 針對簡報 P.27~28 風險地圖驗證所舉之 4 個案例，其坡災危害度在實施調適措施前後未見改善的原因為何，請補充說明。	設施面對坡災一般邊坡補強、排水改善作為僅能降低發生機率,無法改變其位於地質脆弱路段之危害度,坡災危害度降低之調適作為可透過設施型式改為隧道或改線等。	同意辦理
	3. 本研究計畫辦理教育訓練及推廣會議，應確認各主管機關是否確實能夠操作以及實際業務中是否能夠應用此平台。	感謝委員建議,在今年教育訓練會中,即透過案例試算方式確認;另外在運用上今年亦協助鐵工局、公路總局對於計畫成果說明,協助其在調適推動上之運用。	同意辦理
	4. 報告 P.7-11 需更新之調適資料項目，建議依其資料來源及更新頻率彙整成表格。	遵照辦理,補充於定稿報告第 7 章。	同意辦理
	5. 脆弱度評估指標部分，建議可針對維生基礎設施(如：機場、港口)之聯外道路納入後續研究。	針對重要維生道路時,可採用風險加 1 級分方式進行運用。	同意辦理
陳委員起鳳	1. 風險地圖驗證之案例說明不夠完整，建議應針對調適作為對應改善的評估指標項目進一步說	補充調適作為對於指標影響說明於報告 4.3 節風險地圖驗證案例說明中。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	明。		
	2. 淹水危害度之歷史災點驗證，為何僅以 20 條路段作為驗證基礎？另為何不以風險熱點做為歷史災點的驗證結果，而以危害度進行驗證？請說明。	1. 因淹水特性為大區域範圍與坡災小路段點位特性不同，故比對 97 至 104 年風災淹水路段歸納為 20 條進行驗證。 2. 風險熱點包含產值、交通量等綜合因素評估結果，故驗證災害潛勢主要針對危害度進行。	同意辦理
	3. 報告 P.4-75 圖 4.3.9 部分歷史淹水災點分佈於山區，是否誤將坡災選入，建議研究團隊重新檢視。	圖 4.3.9 歷史淹水災點範圍，災點資料來自 NCDR 的 97~104 年歷史淹水災點範圍，檢視山區災點為 99/09-/9 凡那比颱風淹水範圍。	同意辦理
	4. 「設施安全性」與「設施型式」兩者在命名上過於相似，建議可思考是否修改指標名稱以避免造成混淆。	感謝委員建議，指標名稱訂定過程中討論過多項如設施結構安全性、設施結構、設施元件等，經多次討論，今年計畫將先維持原名稱，未來如有更佳名稱可再調整。	同意辦理
	5. 是否有必要設定到 6 種氣候變遷情境假設，或者可考慮簡化成以情境 3 和情境 5 作為基年與未來年進行比較即可。	感謝委員建議，淹水潛勢圖重現期分為 1.1、2、5、10、20、25、50、100、200、500 年，本計畫延續前期計畫取簡化之 50、100、200、500 年分別設定為情境 1~6，風險熱點目前是以情境 3 和情境 6 供各單位檢視比較。	同意辦理
陳委員 進發	1. 公路總局刻正參考運研所鐵公路氣候變遷風險評估前期研究成果研擬「因應氣候變遷公路設	感謝委員提供相關資訊，將先參考相關資料補充至定稿報告 4.3 節風險地圖驗證案例說明中。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	施調適改善計畫(草案)」，計畫目的主要係將針對中高風險以上路段，經實施調適措施後能夠降低其風險等級。草案中所擬之調適措施，主要包括避災工程改善與科技發展兩部分。後續希能加強兩計畫在研究內容及成果上之相互支援及驗證。		
陳委員 進發	2. 針對報告所舉之驗證案例，建議可參照本局最新研擬因應氣候變遷公路設施調適改善計畫中之 41 處防避災工程路段、30 處易致災監測路段、4 處調適新技術研發，作為驗證成效及其合理性。以台 9 線 115K+800 為例，在蘇花改完成通車後，此路段里程樁號座標會重新調整，但東澳至南澳段(121-124K，屬風險熱點路段)及大清水以南路段則屬原路線，若能以此 2 路段為例進行驗證，當更能提升實務推廣應用。	感謝委員提供相關資訊，將先參考相關資料補充至定稿報告 4.3 節風險地圖驗證案例說明中。	同意辦理
	3. 風險地圖驗證所舉之台 17 線 264-265K 淹水案例，其調適措施(路面加高)係屬林邊溪排水改善治理內容之一，細節內容可再洽詢公路總局	感謝委員提供相關資訊，將先參考相關資料補充至定稿報告 4.3 節風險地圖驗證案例說明中。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	第三區工程處潮州工務段長。		
	4. 公路總局對於南迴公路海岸線退縮問題，主要係在南迴公路大武漁港以南～南興路段(近 3 公里長)，以短期治標、中長期治本方式併行。短期以消能保護方式破壞海浪拍打能量，中長期則以養灘培厚為主要手段，另規劃進行 3 至 5 年之海岸線變異性監測分析，作為成效之驗證。	感謝委員提供相關資訊。	同意辦理
陳委員 永明	1. 報告 P.3-10 有關氣候變遷情境設定，為何以基期不同之重現期雨量做為未來氣候變遷情境雨量，請加以補充說明或修正。	因二代潛勢圖尚無氣候變遷下全台淹水潛勢圖資,因此計畫藉由研究報告結果得知現況年重現年 100 年接近未來重現年 50 年降雨量，依此進行未來年情境設定。	同意辦理
	2. 研究重要成果在於氣候變遷風險評估後，能進行高風險區的辨識與指認。建議針對不同情境之風險評估結果，進行列表比較，以呈現不同情境下之不同路段風險等級變化狀況，提供鐵公路管理機關掌握正確風險評估資訊。	贊同委員之看法。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	3. 調適案例選擇方式建議可引用報告P.6-14歐盟調適程序，包含風險優先性、分析、緩解(P.6-42)，以凸顯此風險評估之可應用性與實際操作可能。	感謝委員建議，未來案例選擇可納入參考。	同意辦理
	4. 建議於資訊平台加入氣候情境之說明，以利使用者瞭解不同情境的意涵以及正確解讀平台資訊。	感謝委員建議，納入平台調整。	同意辦理
	5. 建議將巴黎協定通過後之相關資訊做為第二章國際最新趨勢評估之文獻回顧資料。	遵照辦理納入重點資訊於定稿報告 2.2.4 節。	同意辦理
王委員 武俊	1. 風險災害的啟動機制偏重於雨量值或淹水危害度，惟強烈地震、颱風或溫度劇烈變化，均會誘發或立即對鐵公路路線或設施產生危害，如坍方、斷橋、軌道挫曲、設施損壞及路線異常等，建議後續研究可考慮將上述納入啟動機制因子。	本計畫針對淹水與坡災風險，其他災害有賴其他調適計畫或河川治理計畫，以海平面上升為例，港研中心未來將進行相關研究。	同意辦理
	2. 鐵路與公路特性不同，鐵路具有大量運送、準時、快速、穩定、安全到達的功能。倘路線中斷導致全線無法行駛時，列車將不易調度，且無替代路線，影響層面廣大。因此，鐵路路	感謝委員建議，未來如能針對不同路段之單位文化、習性、應變能力及處理方式等人為因子，有較客觀之評定依據，可再針對預警應變作為指標進行調整。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	線設施及軌道的安全性需求較高，軟硬體容錯的誤差值較小、品質及準確度要求非常嚴謹。然平時設施養護及安全監視等必須要用人工處理，無法以機器全面替代，因此單位文化、習性、應變能力及處理方式等人為因子，建議後續研究納入考量。		
	3. 鐵路因所處路段不同，其危害因子、預警、應變、復原之調適能力、對損害的敏感與感受性能力的脆弱度等亦不盡相同，如南迴段鐵路位處偏遠、依山傍海，災害搶救器材運送不易、鹽害嚴重，與市區鐵路有所區隔，因此鐵路風險評估應針對路段特性進行不同評估考量。	鐵路特性與公路特性中斷影響範圍不同，故在界定替代道路指標時，考量此部分以車站界定替代道路指標。	同意辦理
王委員 武俊	4. 目前公路部分調查資料應較為完整，鐵路部分似尚缺少大尺度及全面性的調查，如邊坡、地質全面性普查、結構設施橋梁隧道、路基軌道的強度品質、現況及安全性評估等，請再補充說明。	本計畫風險評估依據資料有賴於各主管單位提供設施資訊，邊坡分級將於台鐵行車安全六年計畫完成取得後可配合更新，設施改善更新資料掌握透過 DSS 計畫資料進行掌握。	同意辦理
	5. 風險因子評估及權重目前開放由各單位自行調整，惟使用者標準、看	感謝委員建議，統一運用建議各單位以權重均等為主要版本，餘權重組合主要提供各單位比較潛在影響程度與設施	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	法不一，其判斷是否可能失準？建議規劃單位能有統一作法。	調適能力之變化。	
交通部路政司	1. 氣候變遷風險項目並非僅限於坡災及淹水，尚包含海平面上升等議題，近期南迴公路臨海路段恐面臨海水淹沒的相關議題建議後續可考慮進行其他氣候變遷風險類型之研究	後續所裡港研中心會進行海平面上升議題研究，合適相關成果亦可於平台中納入。	同意辦理
交通部公路總局	1. 簡報 P.27 台 9 線調適前的坡災風險是否有誤植，請研究團隊檢視。	設施調適能力為正向表示等級越高表設施調適能力佳，而計算為脆弱度屬負向表示，等級越高表設施越脆弱，故在簡報中會呈現設施調適能力中低，算出該路段脆弱度為中高。	同意辦理
	2. 報告 P.4-65 未見提到脆弱度評估指標的設施調適能力、潛在影響程度等項目，請補充說明。	「設施調適能力」為設施安全性、預警應變作為、替代道路數指標分級之綜合平均，「潛在影響程度」則為產值、交通量指標分級之綜合平均，再透過「設施調適能力」、「潛在影響程度」各別乘上權重之總和即為脆弱度。	同意辦理
	3. 交通量、產值、替代道路數及預警應變作為等指標項目對應到潛在影響程度、設施調適能力的分級情形，建議應詳加說明。	各指標對應到潛在影響程度、設施調適能力依 3.4.2 節中說明公式以各指標乘以權重後之加總值四捨五入所得值為其分級。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
國道 高速 公路局	1. 本計畫是採用百公尺來分割國道路網，惟考量道路邊坡未必恰好在百公尺整數的里程，目前高公局正進行邊坡里程釐正，後續將提供相關資料供所內及研究團隊參考。	敬悉。	同意辦理
	2. 報告 P.4-7 中圖 4.1.6 省道危害度(情境 6)地圖宜納入圖例說明。	遵照辦理，於定稿報告第四章的圖 4.1.6 補充圖例說明。	同意辦理
	3. 報告 P.4-10 提到「無邊坡無分級給予 5 分(高)」的分級，由於國道區分為邊坡(路堤+路塹)、橋梁段及隧道段，則「無邊坡無分級給予 5 分(高)」的分級恐導致誤判該路段安全無虞，然而橋梁段及隧道段各有其不同的安全評斷方式，因此建議應加強說明該條件係指不受坡災影響而非在該模擬條件下道路安全無虞。	遵照辦理，將補充說明於定稿報告第四章中。	同意辦理
	4. 報告 P.4-35 國道淹水風險地圖熱點分布資料，因國道皆係由路堤及高架所構成，主線段淹水可能性較低，然而交流道部分則會與地區道路銜接，建議未來因針對國道交流道淹水熱點進行分析。	感謝委員建議，將補充各設施風險熱點於定稿報告附錄 1，國道風險熱點確實發生在交流道路段。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	5. 報告 P.4-37 國道坡災風險地圖的熱點分布資料，其分析過程是否有考量邊坡既有穩定設施的貢獻，建議補充說明。	在風險地圖的運輸設施調適能力評估指標中，國道設施安全性已納入邊坡分級資訊，詳細說明請參照定稿報告 3.2.2 節內容。	同意辦理
臺灣鐵路管理局	1. 簡報 P.19 橋梁路段的設施安全性是根據「鐵路修建養護規則」進行分級，建議可將橋梁沖刷等因素一併納入考量。	河川橋所面臨氣候風險主要在於橋涵橋長不足、梁底高程不足、通水斷面不足等抗洪水能力，與平面路段之排水、滯洪設施有所不同，現階段河川橋路段風險可透過河川治理計畫查詢。	同意辦理
	2. 建議針對預警應變作為的分級方式詳加說明。	遵照辦理，補充說明於定稿報告第四章中，分級方式為有監測系統或列為監控路段者給予等級 4，高鐵全線等級 5，餘僅採取一般養護路段給予等級 3。	同意辦理
鐵路改建工程局	1. 為利本計畫調適資訊平台之永續使用，對於未來年產值及交通量的資料更新頻率建議縮短成以 3 年為一期進行調整。	未來年資料引用城際模式未來年及業人口成長率資料，若該資料更新頻率縮短可配合調整。	同意辦理
	2. 建議本計畫能夠授予相關權責單位一組登入系統的帳號及密碼，俾利後續查詢使用。	各單位皆已開立帳號，可向所方承辦人員洽詢。	同意辦理
高鐵公司	1. 針對簡報 P.26 提及高鐵苗栗通霄段的坡災風險部分，目前高鐵公司正進行邊坡削平等改善工程，後續可視沿線改善情況，再回饋相關資	感謝委員所提供資訊。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	料與研究單位。		
交通部管理資訊中心	1. 報告 P.4-6 提及希望路網數值圖提供里程資料，惟依據本中心相關專案分工及定位，路網數值圖之資料偏重於「實體」之站點及路線資料，里程資料屬於加值性資料，應以「服務」為主，故由 GIS-T 網站提供里程及定位之相關服務，若氣候變遷專案需要相關里程資料，可至 GIS-T 網站進行搜尋及下載。	因設施資訊資料管理多數以里程為依據，故資料應用上里程套疊至路段，為多數單位資料應用之共同需求，如此部分可進行整合，可提升資料整合應用之完整性。	同意辦理
	2. 報告 P.5-35 有關圖層差異議題部分，經查明臺鐵東部幹線永樂到東澳站之線型，係因雙線(通用版)或單線數化(路網數值圖)差異，另因本部路網數值圖明年會正式與通用版地圖合併，後續將不會有 2 套不同線型之情形。	感謝委員所提供資訊，將補充於定稿報告說明。	同意辦理
	3. 本於兩系統圖資互惠之原則，也請本計畫提供鐵公路之風險地圖供本中心 GIS-T 網站進行收納，近日內本中心已經將使用者權限調整為鐵公路主管機關才能查看之較高權限。	本案因年底將進行伺服器調整，待調整後再提供 GIS-T。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
本所綜合技術組(書面審查意見)	1. 請於報告第三章引言部分補充本計畫研究目的及採用之風險評估指標，其與 IPCC AR5 風險評估方法之關聯性。	遵照辦理。	同意辦理
	2. 氣候情境 (1)請補充說明本計畫在未來降雨情境引用資料部分與科技部臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP)計畫之關聯性。 (2)報告 3.3.2 節 P.3-9，有關未來重現雨量情境與基期重現雨量之對應關係，由圖 3.3.3 中無法得知基期重現 500 年與未來情境重現 200 年之雨量關係，請補充修正。 (3)報告 3.3.2 節 P.3-10 中，情境 4~6 所採用產值、交通量之未來年期(125 年)與後面章節引用之年期(120 年)不一致，請修正。	(1)本計畫與 TCCIP 計畫之共通性在於採用相同 A1B 之氣候變遷情境。 (2)依據「氣候變遷水文環境風險評估研究(2/2)」透過比較現況與未來 50.100.200 重現年之降雨變化，故未列出重現 500 年。 (3)統一更正為 120 年。	同意辦理
	3. 評估方法及指標精進 (1)報告 3.4 節請新增小結，比較前期及本次計畫評估指標精進之差異(包含處理方式及分級標準)，請依國道、省道、快速公路、高鐵及臺鐵等系統表列整理歸納。	遵照辦理。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	(2)報告 3.4.3 節 P.3-22，有關設施安全性指標調整部分，請補充相關法令規範修訂之內容。 (3)臺鐵目前並無邊坡分級資料，應於報告清楚說明目前採取之認定方法。 (4)報告 3.4.3 節 P.3-25 預警應變作為，請補充說明各管理機關對於國道、省道、快速公路、高鐵及臺鐵等運輸設施預警應變機制。		
	4. 風險地圖及資訊平台 (1)為瞭解氣候變遷造成鐵公路風險之影響，請針對國道、省道、快速公路、高鐵及臺鐵基期與未來風險熱點路段及成因，參照前期報告附錄 1 整理方式予以歸納。 (2)為利後續平台資料維護所需，請研提平台管理者操作手冊。	1. 遵照辦理補充於定稿報告附錄 1。 2. 平台管理者操作手冊提供相關資料管理與資料庫說明，另操作方式建議列為未來教育訓練之辦理方向。	同意辦理
	5. 報告第七章結論與建議，請補充本計畫使用之風險評估指標，目前因鐵公路管理機關資料不完整部分之後續改善建議。	遵照辦理。	同意辦理
	6. 請全面檢視計畫內容用詞之一致性，例如：基期或現況。	遵照辦理，統一調整為現況年、未來年。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	7. 報告圖表請補充資料來源。	遵照辦理。	同意辦理
主席 結論	1. 感謝各鐵公路相關機關在本計畫執行過程中協助提供之資料及意見，希望本計畫研究成果對於鐵公路管理機關在長期氣候變遷調議題上能有所幫助，更希望未來在實務應用上有任何意見都能回饋給本所，使計畫的研究方法及成果能夠充分落實。	敬悉。	同意辦理
	2. 研究團隊已完成所有工作項目，並將研究成果鐵公路風險地圖提供管理機關檢視。請研究團隊針對本計畫風險評估指標資料目前使用之限制(如：缺乏路段高程資料、臺鐵尚無邊坡分級資料等)，提出具體改善建議，以作為計畫成果持續更新維運之參考。	未來建議單位里程座標更新計畫時可包含高程清查項目，利於全台鐵公路設施資訊完善，臺鐵邊坡分級於行車安全六年計畫將辦理，未來建議制定定期更新機制，相關內容補充於第七章，餘資料使用限制補充在報告相關章節中。	同意辦理
	3. 請研究團隊依據與會委員及機關代表意見修訂報告書，並研擬回覆辦理情形，納入定稿報告附錄。	遵照辦理。	同意辦理
	4. 本期末報告依審查委員討論同意審查通過，請研究團隊於本(105)年12月28日前提交修正	遵照辦理。	同意辦理

委員	審查意見	承辦單位意見回覆 及處理情形	主辦單位 意見
	定稿報告，並請依契約規定辦理相關作業及請款事宜。		

附錄三

工作會議記錄

附錄 3 工作會議記錄

起始(三月份)工作會議紀錄

時間：中華民國 105 年 3 月 22 日（星期二）下午 2 點

地點：交通部運輸研究所 9 樓開標室

出席者：

綜計組：張瓊文、朱珮芸、陳怡妃、劉彥聖、蕭為元

鼎漢：周諺鴻、謝奇良、林恩德、黃韻潔

記錄：林恩德

本次工作會議目的為計畫起始工作方向確認，包含指標調整方向、系統推廣、平台調整方向、使用狀況確認等，詳細議題及結論彙整如下表。

討論議題	主要結論
委員建議調適策略如何回饋到風險改變	➢ 先從危害、脆弱中找出前幾大熱點，再檢視目前風險評估機制是否可以反映出來調適措施的效果。 ➢ 指標目前確定可以更新的部分為產值及交通量，後續視今年資料蒐集成果，再檢討有無必要納入新指標，避免指標過多重複計算問題。
社經影響程度強化方向	➢ 高鐵納入新增苗栗、彰化、雲林、南港站。 ➢ 為解決前期計畫未來產值無法估算的問題，本年計劃直接引用城際模型推估成果。 ➢ 可結合策略依坡災、淹水分類，再依高低人口密度等，不同屬性配對，對照調適策略。 ➢ 社經影響程度指標大方向維持以產值、交通量為主，再視作業所需時間，適度納入人口資料，再據以檢視人口與產值的風險評估結果差異及其相

討論議題	主要結論
	關性程度。
脆弱度運輸設施現有能力調整方向	➢ 先蒐集目前業務單位主管邊坡、橋梁資料，了解目前監測及設施安全度狀況。 ➢ 了解後再將危害度和設施安全度的區分，看調適策略如何回饋再進行釐清。 ➢ CCTV 可納入監測指標資料庫，並依自動、人工辨識等不同判讀反映時間，給予不同評分。 ➢ 考量後續維護，資料索取應同時洽談後續更新。 ➢ 設施狀況、調適作為等如何回饋到策略到風險結果，宜在平台推廣前加以檢視。 ➢ 邊坡和隧道口在坡地危害度中雖有納入地形地質等可反映其安全性之因子，中興社坡地災害危害度模式無法將其分開處理；但為反映鐵公路主管機關在邊坡、隧道口之相關作為，後續可俟鐵公路主管機關資料蒐集情形，檢視在脆弱度中增加相關指標，以呈現調適作為風險差異。 ➢ 平面段是否有淹水危害之虞，先取得主管機關歷史災點資料(含相關監測或設施管理系統之使用權限)，再進一步檢視其趨勢為何？並據以修討評估機制是否需修正，以反映鐵公路主管機關在淹水風險上的調適作為。 ➢ 坡災危害度後續可洽詢地調所是否能提供。
權重分配方式例如南迴鐵路問題	➢ 依案例各單位可自行調整權重，以貼近各單位運作狀況。 ➢ 權重高中低比例分為 0.75、0.5、0.25，可設定之權重開放至第三層指標(即：交通量、產值、設施安全性、監測系統、應變能力)；為避免方案組合過多情形，未來年風險地圖以最大雨量為主，以氣候變遷重現期 200 年做為組合方案中之氣候情境。 ➢ 訪談前可先透過輿情蒐集瞭解各單位可能較關注路段，並設計為課程案例。
平台推廣	➢ 至各單位推廣平台時可包含單機版本。 ➢ 高鐵系統鐵路系統訪談單位納入高鐵公司。 ➢ 重大災害事件各單位選幾個為案例基礎，並依課程參與人員之業務屬性設計教材內容。

討論議題	主要結論
	➢ 可設定試作案例，假設降雨情況，某路段狀況?作為引領操作方式。 ➢ 各單位先行溝通指派人員盡量為調適負責業務單位或人員。
平台功能	➢ RSS 狀況穩定度可適度向國發會反應。 ➢ 軟體明年度需編列單機維護費用 38,250 乙套 ➢ 指標資料上傳回饋修正方式(採回傳原始數據或相對應之指標分數)，可透過訪談時瞭解使用者意見。

四月份工作會議紀錄

時間：中華民國 105 年 4 月 14 日（星期四）上午 10 點

地點：交通部運輸研究所 9 樓開標室

出席者：

綜計組：張瓊文、朱珮芸、陳怡妃、李仕勤、劉彥聖、蕭為元

鼎漢：胡以琴、周諺鴻、謝奇良、林恩德、味詩捷

記錄：陳怡妃、林恩德

本次工作會議目的為前次計畫起始工作會議後調整確認及 4 月份工作進度報告，包含指標調整方向、系統推廣、平台調整方向、報導文章等，詳細議題及結論彙整如下表。

討論議題	主要結論
社經影響程度強化方向	➢ 高鐵去年新增之 3 站採用 105 年 3 月運量，其餘系統引用 TTDSS 蒐集 104 年 3 月資料。 ➢ 高鐵南港站預計今年 7 月通車，運量穩定需至 10 月，故報告初稿倘時程來不及，可暫不拿入分析，於期末審查或(最遲於)提送定稿版報告中予以納入。 ➢ 交通量、產值皆具有人口特性，且更貼近實際活動區位，再加入人口將稀釋指標權重。後續倘有審查委員提出採用人口指標建議，可適當與委員解釋。 ➢ 今年風險地圖產製後，可用門牌或人口檢核比對結果差異。
運輸設施現有能力強化方向	➢ 考量淹水潛勢圖分級標準無法呈現交通設施淹水危害等級，爰將本計畫淹水危害程度分級由原 1 級(30 公分以下)、2 級(30~100 公分)、3 級(100~200 公分)，調整為 1 級、3 級、5 級。

討論議題	主要結論
	➢ 俟第三代淹水潛勢圖資分布，可向水規所索取原始淹水高度資料，以提升鐵公路淹水危害之準確性。
訪談會議	➢ 調整訪談說明文件，補充前期研究主要採用指標、本次主要欲補強之項目，以及希望各機關協助提供之資料。 ➢ 以案例呈現平台功能，吸引各單位積極參與。
平台推廣	➢ 於訪談時調查各單位推廣對象及人數，據以安排推廣場次，地點部分優先以本所為主。如單一機關需求人數較多，則可採由團隊前往該單位推廣之方式。 ➢ 平台推廣以去年風險成果為基礎，如推廣時已有新版風險地圖，則採用新版成果。 ➢ 訪談過程中倘主管機關舉出特定路段過往實例，則可優先以其作為平台推廣之示範案例。
國外文章報導	➢ 5 月：份回顧 COP21 為題 ➢ 6 月：氣候調適方法方法 ➢ 8 月：回顧丹麥文獻 ➢ 9 月：回顧荷蘭文獻 ➢ 相關文章請先提供本組審視適宜性
平台視覺調整	➢ 確認網站首頁 ➢ RSS 因應共築方舟調整 ➢ 圖台調整移除上下框架
土壤液化	➢ 現階段先以圖資蒐集為主，可適當結合風險地圖或底圖進行套疊，做為推廣應用範例。 ➢ 是否可作為風險地圖評估指標，需再釐清土壤液化潛勢圖資與氣候條件 (如：降雨量) 之關聯。

五月份工作會議紀錄

時間：中華民國 105 年 5 月 20 日（星期五）上午 10 點

地點：交通部運輸研究所 7 樓研究室

出席者：

綜計組：朱珮芸、陳怡妃、李仕勤、蕭為元

鼎漢：胡以琴、周諺鴻、林恩德、何媚華

記錄：陳怡妃、林恩德

本次工作會議目的為 5 月份工作進度報告，包含設施主管單位訪談結果、指標調整方向、系統推廣、平台調整方向、報導文章等，詳細議題及結論彙整如下表。

討論議題	主要結論
淹水及坡災潛勢	➢ 水利署第三代淹水潛勢圖預計以今年底完成，今年維持採用原有之第二版內容。 ➢ 輿情分析結果因新聞內容難以確認地點正確性，故先作為技術分析參考，報告呈現以各單位歷史災點資訊為主。
設施安全性指標	➢ 設施排水功能順從工程新建資料彙整，目前較難由各單位取得。 ➢ 有關河川橋之淹水危害情形，後續研究可蒐集水利署河川重現期水位高度，進一步與橋梁高程比對，作為淹水危害之判定。 ➢ 由於目前缺乏河川重現期水位資料，且淹水潛勢圖資並無納入河川範圍，故今年計畫針對河川橋梁淹水危害部分視為無影響(給予 1 分)，坡災危害則依坡地崩塌機率給與評分。 ➢ 依據鐵公路主管機關訪談意見，在隧道部分較無

討論議題	主要結論
	淹水、坡災問題，故隧道段之淹水、坡災危害皆給予最安全之評分(1 分)。 ➢ 平面段設施安全指標，在坡災風險評估部分採用邊坡分級資料，淹水風險部分待高程資料更為完整時再評估。 ➢ 省道車行地下道可先透過路網數值圖檢視分類情形，後續視資料完整情況再討論是否可納入淹水危害。 ➢ 鐵公路主管機關在巡查頻率上，主要依養護手冊等規章進行，巡查頻率依不同設施有不同，故暫不納入設施安全性指標資料。 ➢ 明隧道屬邊坡管理，後續分析歸類為平面段。 ➢ 重點監控路段各機關標準不同，後續可用來作為風險評估結果之驗證。
監測指標	➢ 鐵公路主管機關目前設置之CCTV主要係用於道路交通狀況之監測，非針對設施安全之監測，故CCTV不列入監測指標評估項目。 ➢ 危害度中低等級以下者，統一給予1分；中級以上依有無監測設施對照危害度評分進行調查，如危害度3分，有監測給予2分，無則為3分。
維生設施聯接之交通系統風險評估方法	➢ 初步可先針對機場、電廠、水庫、油廠等重要維生設施連接之鐵公路系統，於適當指標給予較高分數，以反映其維生功能之重要性。 ➢ 後續可視工作量情況。評估是否呈現2種不同風險圖。
風險評估調整方向	➢ 參考AR5精神，即考慮暴露度、脆弱度及災害，三者綜合評估下之氣候變遷風險。 ➢ 設施安全指標視為暴露度；淹水潛勢、坡災潛勢仍視為危害度；原脆弱度指標剔除設施安全指標後，將替代道路、監測設施視為預警應變能力，產值、交通量則視為潛在影響程度。 ➢ 以兩階段矩陣方式，先利用設施安全(暴露度)及危害度之矩陣(暫訂名稱：危害矩陣)，篩選出中高以上之路段，再進一步透過危害度與脆弱度之風險矩陣，產出最終風險地圖 (中高風險等級以上之路段)，初步檢視較原評估方法佳，且對實務機關而言應較符合經驗判斷。

討論議題	主要結論
	➢ 危害度、脆弱度倘有一項為高等級者，風險矩陣至少應為中高以上，以用於提醒設施主管單為須檢視該路段。 ➢ 下次工作會議，針對調整後之評估方法、矩陣名稱、矩陣值、評估指標定義及名稱，再予檢視討論。 ➢ 對於無淹水或坡災之虞的設施元件，再危害指標統一給予 1 分(如高架段無淹水危害，隧道段兩者皆無危害)；暫無適當評估指標資料者，為避免影響評估結果，則統一給予中間值 3 分(如：淹水風險平面段之設施安全指標)。 ➢ 調整後方法先提供說明文件供組內檢視。
平台推廣	➢ 推廣會議排於 6/14~16 擇 1 日辦理。 ➢ 邀請單位內入第一線工務機關，亦可邀請交通部管理資訊中心。
調適新知報導	➢ 5 月份報導原定 COP21 運輸相關資訊為主，但因所內已發表類似之報導內容，故將改以調適重點之內容。

六月份工作會議紀錄

時間：中華民國 105 年 6 月 27 日（星期一）上午 9 點 30 分

地點：交通部運輸研究所 9 樓開標室

出席者：

綜計組：張瓊文、朱珮芸、陳怡妃、李仕勤、蕭為元

鼎漢：胡以琴、周諺鴻、謝奇良、林恩德

記錄：陳怡妃、林恩德

本次工作會議目的為 6 月份工作進度報告，包含指標調整確認、系統推廣成果、平台調整方向、報導文章等，詳細議題及結論彙整如下表。

討論議題	主要結論
危害矩陣調整方向	➢ 淹水/坡災潛勢說明文字不再加上危害度字樣避免誤會。 ➢ 中興所分析坡災危害度調整名稱為坡災潛勢。 ➢ 危害矩陣在右上和左下部分調整為中。
運輸設施調適能力	➢ 原預警應變能力，納入設施安全性，調整指標名稱為「運輸設施調適能力」，包括設施安全性、監測、替代道路數 ➢ 交流道、明隧道視為平面路段分析
潛勢計算	➢ 淹水潛勢在平面高架、橋梁、隧道路段統一 1 級分 ➢ 平面、車行地下道、車站依淹水潛勢分級 ➢ 坡災潛勢無套疊或隧道路段統一 1 級分，其餘路段皆依坡災潛勢分級結果
設施安全指標計算(淹水)	➢ 設施安全性指標分為淹水、坡災兩種類別 ➢ 納入重點監控路段、橋梁在設施安全指標(淹水)評估統一 5 級分 ➢ 非重點監控平面、隧道統一 3 級分 ➢ 平面高架、河川橋非重點監控依橋管系統 PI 值分

討論議題	主要結論
	級 ➢ 車行地下道統一 4 級分
設施安全指標計算(坡災)	➢ 500 公尺分段內有不同邊坡分級取接近 A 者 ➢ 平面、平面高架依各單位邊坡分級計算 ➢ 河川橋、隧道、車行地下道統一 3 級分，無套疊邊坡分級路段亦取 3 級分。
監測指標計算	➢ 監測計算統一為有監測 2 級分，無監測 3 級分。 ➢ 同設施安全在監測指標分為淹水、坡災兩類 ➢ 氣象局、水利署之氣象站、水位站暫不納入，以設施主管單位自設監測為主 ➢ 淹水監測之範圍水位計、雨量計部份再同設施主管單位詢問範圍界定方式 ➢ 邊坡監測之依設施主管單位所提供邊坡分段為依據
替代道路指標計算	➢ 說明文字級距調整為係依據公總規範，請環興再提供參考來源
風險計算	➢ 分析步驟確認為 ■ 淹水、坡災潛勢各別與對應設施安全性依危害矩陣對照出危害度 ■ 脆弱度計算「潛在影響程度(產值、交通量)」和「運輸設施調適能力(設施安全性、監測、替代道路數)」，平均四捨五入取得脆弱度 ■ 介由危害度與脆弱度對照風險矩陣得出風險值
自選權重計算	➢ 針對未來年重現 200 進行分析 ➢ 權重組合放在「潛在影響程度」和「運輸設施調適能力」，權重配比分為 0：1、1：0、0.5：0.5、0.25：0.75、0.75：0.25 共 5 種組合。
維生設施道路試算	➢ 本期針對核 2 廠、桃機、台鐵富岡機廠試作 ➢ 試作方式採風險值統一加 1 試算，如 2 級分改為 3 級分，檢視維生道路安全標準較高下其風險狀態。 ➢ 下次工作會議針對試作案例其路段範圍討論
平台推廣單位意見回應	➢ 坡災分段處理因較為複雜時程內難以完成，維持採用原本路段所經各邊坡網格之坡災機率值平均作為該路段坡災代表值方式處理。 ➢ 高鐵局建議納入捷運部分，今年度因時程關係與

討論議題	主要結論
	捷運特性差異，未來在評估是否納入。 ➢ 成果圖資 TGOS 與路網數值圖差異，這部分 2 年內交通部與內政部有希望有所整合，減少圖層套疊位移狀況。 ➢ 高鐵車站高程有加高部分，考量周邊平面淹水仍會影響使用，待今年風險分析完成再進行檢視
平台調整	➢ 依鼎漢所提更新網址進行修正 ➢ 相關系統調整再依前述結論進行平台調整
成果發表	➢ 已完成 2 篇報導文章，8、9 月各一篇報導文章主題確認分別納入鐵路挫曲、調適案例丹麥、荷蘭

八月份工作會議紀錄

時間：中華民國 105 年 8 月 19 日（星期五）下午 2 點 00 分

地點：交通部運輸研究所 9 樓綜合技術組會議室

出席者：

綜計組：張瓊文、朱珮芸、陳怡妃、蕭為元

鼎漢：胡以琴、周諺鴻、林恩德

記錄：陳怡妃、林恩德

本次工作會議目的為 8 月份工作進度報告，包含期中審查意見回覆、工作進度、評估方法調整等，詳細議題及結論彙整如下表。

討論議題	主要結論
期中審查意見回覆	➢ 災害類型範圍過廣，現階段調適策略彙整，以暴雨為主，將今年及前期計畫文獻成果，彙整以表格呈現，將策略進行分類，分類依資料進行歸納。 ➢ 後續補充指標與調適策略之關係於報告中。 ➢ 將年期情境說明補充於本期報告中。
評估方法調整	➢ 調整將設施調適能力各指標為正向分級，即分級越高則調適能力越好，並同時調整脆弱度之計算公式。 ➢ 設施元件納入危害度評估，補足潛勢未考量設施高程部分。 ➢ 明隧道路段元件視同隧道。 ➢ 地圖顏色測試結果，維持五種顏色呈現。 ➢ 交通量本期採取雙向加總作為路段代表值。
指標分級調整	➢ 坡災設施安全性分級應用時將無邊坡與無分類設為 1

討論議題	主要結論
	級分(安全)，其餘依 ABCD 分別設 5 至 2 級分(危險→安全)，並納入改善計畫可調整分級機制。 ➢ 淹水設施安全性分級，過去考量橋梁指標 99%為 90~100 之間，且一般認為橋梁在淹水能力較平面為佳，故最低設在 3 級分，後續調整為以設施等級、年期評估設施安全性。 ➢ 危害度在不同元件給予不同分級，調整為以矩陣表格方式呈現對照。 ➢ 脆弱度中設施安全性評估時，調整為以設施建置等級標準及年期為主，重點監控路段資料作為地圖產出後驗證使用。 ➢ 設施安全指標年期分級分為 1990 年以前、1990~2010 和 2010 年後改建設施，國道與高鐵其建置標準較高，基礎為 3 級分，依年期 1990~2010 加 1 級分，2010 年後加 2 級分；省道、台鐵基礎為 2，同樣依年期調整。
其它事項	➢ 擬於 9/21 辦理專家座談會，將本期方法調整同委員進行討論。

十月份工作會議紀錄

時間：中華民國 105 年 10 月 05 日（星期二）下午 2 點 00 分

地點：交通部運輸研究所 9 樓綜合技術組會議室

出席者：

綜計組：張瓊文、朱珮芸、陳怡妃

鼎漢：胡以琴、周諺鴻、林恩德

記錄：陳怡妃、林恩德

本次工作會議目的為10月份工作進度報告,包含工作進度、時程規劃、座談會後評估方法調整等，詳細議題及結論彙整如下表。

討論議題	主要結論
工作進度 時程規劃	➢ 後續辦理事項以完成風險地圖更新、平台更新、新功能上架、教育訓練、報導文章和期末報告為主 ➢ 座談會後調適方法收斂，配合意見辦理情形、評估方法說明和風險地圖熱點，提供各單位窗口和委員檢視，視意見再進行拜會說明。 ➢ 教育訓練辦理時程暫訂為 11 月第 2 週辦理，視圖資、平台進度進行調整。 ➢ 教育訓練以臺 74 延伸線計畫為例，作為新建之風險評估方式案例。
危害度	➢ 淹水分級調整方式，確認為 0.3 公尺以下為 1 級分、0.3~1 公尺為 3 級分，1 公尺以上為 5 級分。 ➢ 報告中另外說明鐵路基本設施高程包含路基、級配層、枕木、鋼軌等，至少為 1 公尺；車輛亦需補充淹水影響行駛之高程說明

討論議題	主要結論
	➢ 報告中需補充未來取得淹水高程細部資料後,考量設施及車輛行駛高程，公路、鐵路各別可再細化分級方式。 ➢ 鐵路地下化路段，參考設計標準在 200 重現年，因此 200 重現年內為安全，500 重現年情境下同公路地下化路段依淹水潛勢加高 1 級方式評估其危害度。
暴露度	➢ 風險評估之標的針對設施本身,指標中產值、交通量代表中斷或停駛所產生影響,依計畫需求必須提供一綜合評估結果供整體風險程度參考;分析結果之各別項目如危害度、產值、交通量等，亦會各別提供，以供單位評估時,可進行如中斷時哪裡交通量影響較大之特定議題評估使用。
設施安全性	➢ 會後補充各版本規範修改重點，作為年期界定依據。 ➢ 易淹水治理計畫待第三代淹水潛勢納入排水影響,或針對其計畫區域之設施給予較高設施安全性,後續再進行確認。
預警應變作為	➢ 監測指標改名為預警應變作為。 ➢ 原監測可視為預警應變作為之一部分,可避免採用監測名稱較為狹隘，或為特定名詞定義誤解之可能。 ➢ 報告補充各單位可加強之預警應變作為說明。

十一月份工作會議紀錄

時間：中華民國 105 年 11 月 09 日（星期三）上午 10 點 00 分

地點：交通部運輸研究所 9 樓綜合技術組會議室

出席者：

綜計組：張瓊文、朱珮芸、陳怡妃、蕭為元

鼎漢：胡以琴、謝奇良、林恩德

記錄：陳怡妃、林恩德

本次工作會議目的為11月份工作進度報告,包含工作進度、時程規劃、風險地圖成果檢視、教育訓練辦理等，詳細議題及結論彙整如下表。

討論議題	主要結論
工作進度	➢ 報導文章因考量配合期末報告文獻回顧所新增部分,納入撰寫故延後繳交，在期末報告提送前須完成。 ➢ 指標調整已有階段共識版本，並以此產出風險地圖。 ➢ 新增平台功能權重自訂與指標修正皆已更新至平台。 ➢ 風險地圖成果，將各設施風險等級 4 以上熱點路段資訊，及平台提供各單位參考，及意見蒐集。
風險評估方法	➢ 本計畫與 NCDR 評估方法差異，在於本計畫保全對象為設施服務,NCDR 所分析為人口，故在暴露度認定有所差異，暴露量在設施服務的危害度中已綜合考慮，避免混淆在脆弱度指標說明中應避免提到暴露度一詞。 ➢ 危害度說明型式中高架部分，改為高架/橋梁/隧道/路堤 ➢ 註解中文字統一另外在報告說明，簡報中不呈現。 ➢ 預警應變作為等級 4 說明加入監測系統

討論議題	主要結論
	➢ 表格中等級調整文字為潛在影響等級、調適能力等級 ➢ 屬於潛在影響程度下的指標以 1~5 級分，分為綠色到紅色，表脆弱度低到高呈現；設施調適能力則因字義較正向，故以 5~1 級分，綠色到紅色，表脆弱度低到高呈現。
風險地圖	➢ 彙整各設施熱點路段中高以上清單，供各單位上平台檢視回饋意見。 ➢ 定稿報告前參照前期報告樣式再彙整至附錄。
期末報告章節	➢ 文獻回顧部分前期已有部分，可移除或較精簡方式呈現。 ➢ 案例驗證路段各別選擇，鐵路新吉隧道坡災、壽豐淹水；公路台 9 蘇花、台 18 阿里山坡災、台 17 佳冬淹水
教育訓練	➢ 中興公司可協助提供場地，以運研所場地優先，中興公司電腦教室為備案。 ➢ 辦理時間為 11/23 下午 2 點

附錄四

訪談記錄

附錄 4 訪談記錄

本計畫針對各單位管控之設施，其安全性評估之方式，與公路總局、臺鐵局、高公局及高鐵公司等單位進行訪談，作為設施安全性指標處理之基礎，各單位訪談紀錄彙整如下。

附錄 4.1 省道設施安全性指標訪談

時間：105 年 4 月 22 日（星期五）上午 10 點

地點：交通部公路總局 8 樓研討室

出席者：如後簽到表所示

記錄：陳怡妃、林恩德

一、本次訪談主要係為瞭解公路總局對於所轄之省道、快速公路有關「設施安全性」、「監測系統」建議或已採用之資料來源與指標分級方式。主要結論為：

（一）請公路總局相關科室協助提供以下資料予運研所，倘有進一步洽談需求，請運研所逕洽各組(中心)窗口。

(二)公路總局總窗口維持目前之規劃組，後續由該組依據運研所訪談紀錄簽文請防災中心、養路組等提供該組(中心)聯繫窗口予運研所。

單位	協助資料項目
規劃組	➢ 擔任公路總局總窗口 ➢ 聯繫平台推廣工務段參與人員
防災中心	➢ 省道一、二級監控路段、一級監控橋梁之定性分級標準及點位資料 ➢ 已分級之邊坡點位資料
養路組	➢ 最新邊坡分級資料 ➢ 地錨定期檢測資料 ➢ 易淹水路段統計資料 ➢ 公路養護巡查系統維護記錄

二、討論過程詳附件。

<附件：討論過程>

Q1：環境因素難以改變，透過災情管理對於歷史災害點位亦有加強管理，那氣候調適可以做到什麼?

- 透過 50、100、200 重現年模擬不同年期範圍可能發生最大降雨情形，提供對於淹水、坡災潛勢進行交通設施進行檢視。
- 雖危害度所代表環境因素難以改變，但透過調適策略回饋到脆弱度指標中，可適度反應管理措施所降低災害風險，如過去台鐵林邊段經常淹水，透過林邊溪橋架高工程進行改善。
- 透過調適策略回饋到風險評估中，可協助設施主管單位滾動檢討未出現在歷史災點中，尚未被注意到之潛在風險路段。
- 調適計畫主要針對未來風險進行評估，與即時性防災系統特性不同。

Q2：已經有針對歷史淹水、坡災資料進行統計，為何要再透過輿情分析找出歷史淹水、坡災路段?

- 因歷史災害記錄中，對於嚴重程度描述較少，較難判斷災害嚴重程度。
- 通常新聞報導為較嚴重災害，且從新聞中篩選出嚴重程度描述文字，可協助在大量的歷史災點中，找出較被關注或較嚴重路段。

Q3：SafeTaiwan 平台有關省道相關資料，可向那個單位索取?

- 可先洽防災中心或資訊中心。

Q4：「省道一級監控路段」、「省道二級監控路段、「省道一級監控橋梁」、「省道淹水泥流水瀑路段」、「全時高風險路段自動預警系統(DPAWS)」的分級方式?

- 監控路段分級方式目前無定量標準作為劃分，係開放各工務段依其管理路段特性進行區分。
- 分級方式後續請防災中心協助就定性標準進行釐清。

Q5：監控路段更新週期為何?

- 更新並無特定週期，視各工務段需求即可通報總局更新，如前年修改了 22 版、去年調整 14 版。

Q6：劇烈天氣監測系統的監控橋梁有哪些?

- 這部分與 SafeTaiwan 一致，由各工程處選定監控路段橋梁後，回報總局再從 SafeTaiwan 系統提供劇烈天氣監測系統使用。

Q7：那些橋梁有設置橋梁斷橋警示系統?

- 屬道工科業務範疇。
- 目前此類系統僅為示範計畫，過去由運研所港研中心、臺科大進行，詳細運作狀況可洽詢港研中心。

Q8：邊坡監測系統目前發展狀況?

- 屬養路組業務範疇。
- 目前尚未建置，屬規劃中系統，但因經費限制，目前主要採對於地錨定期檢測。定期檢測應該也可以視為一種監測方式。

Q9：邊坡是否已全面完成分級?

- 所有邊坡已完成分級，SHP FILE 可再向防災中心索取。

Q10：路側設施 CCTV 點位數量確認是否為 1062 筆?

- CCTV 數量與計畫單位掌握資訊相同。

Q11：路側設施 CCTV 的布設狀況?

- CCTV 主要用於拍攝路面(路況)、邊坡、橋梁、隧道 4 類，目前隧道佈設之點位屬高公局管轄。
- CCTV 目前最主要功能為監視路況(即便有邊坡資料也僅為額外功能)，橋梁部分目前共 4 支，用以監視梁柱結構。

Q12：是否同意取得公路總局管轄在橋梁管理系統中資料供本計畫使用?

- 可直接向運研所承辦索取。

Q13:針對平面段及隧道段是否有建議適合用於作為設施安全指標分級資料?如排水、防洪標準。

- 路段排水防洪標準資料現階段較難提供，需從工程新建當時資料取得，現階段尚未針對這部分資料進行整理。實務中許多路段為區域排水問題，並非設施本身排水能力可解決。
- 請養路組協助提供易淹水路段統計資料。

Q14：有無設施維護管養相關資訊?

- 公路養護巡查系統中有損害及修復記錄資料，可再洽養路組提供。

Q15：希望能像 SafeTaiwan 系統直接提供給工務段使用，提高平台應用成效，後續辦理推廣教育訓練時，希望能邀請工務段參與。

- 平台推廣方式可由運研所提出建議優先推廣工務段，再由規劃組協助邀請。

Q16：後續連絡窗口與資料取得方式?

- 為利運研所更進一步洽詢相關資料，公路總局總窗口維持目前之規劃組，後續由該組依據運研所紀錄簽文請防災中心、道工科、養路組等提供該組(中心)聯繫窗口予運研所。

交通部運輸研究所
「氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」
省道設施風險評估訪談會議簽到單

一、時間：民國 105 年 04 月 22 日(星期五) 上午 10 時

二、地點：公路總局 8 樓研討室

三、主席：[illegible] [illegible] 紀錄：[illegible]

四、會議內容：省道設施風險評估討論

五、出(列)席單位及人員簽到表：

單位	姓名
交通部公路總局	[illegible]
交通部運輸研究所	[illegible]
鼎漢國際工程顧問股份有限公司 環興科技股份有限公司	[illegible]

附錄 4.2 臺鐵設施安全性指標訪談

時間：105 年 4 月 28 日（星期四）上午 10 點

地點：臺鐵局橋隧科

出席者：如後簽到表所示

記錄：陳怡妃、林恩德

一、本次訪談主要係為瞭解臺鐵局對於所轄有關「設施安全性」、「監測系統」建議或已採用之資料來源與指標分級方式。主要結論為：

(一)請臺鐵局協助提供以下資料予運研所，倘有進一步洽談需求，再洽請橋隧科協助聯繫。

協助資料項目	說明
QPESUMS	➢ 重點監控橋梁、路段資訊(區位、里程、座標、災害類型、雨量管控值)
13 個 CCTV	➢ 設置區位、監控別(路段、邊坡、橋梁結構體)
4 處傾斜儀	➢ 監控防護牆範圍、區位
邊坡分級資料	➢ 南迴電氣化計畫中有進行 164 處邊坡分級結果
巡查規章	➢ 一般巡查標準作業規範
行車安全 6 年計畫	➢ 規劃報告

二、討論過程詳附件。

<附件：討論過程>

Q1：南港專案 SIL2 認證包含哪些?

- 臺鐵南港專案範圍北從汐止南至板橋，為全長 22 公里長之隧道。隧道中央監控系統(Central Supervision Remote Control System, CSRC)由五大子系統所組成，分別是：火警警報監視控制系統、生命安全監視控制系統、環境管理監視控制系統(空氣品質)、電力及隧道照明監視控制系統、雜項監視控制系統(排水)，其中後四項子系統符合 SIL2 標準之安全評估認證工作。

  (註：1.SIL 係針對系統、子系統或元件安全要求分級的規範，並對危險失效率/可容忍危害率等進行評估，屬 IEC 61508 系統安全規範。SIL 區分為 0~4 級，由最低安全相關的 SIL1 到最高安全性的 SIL4，SIL0 則為非安全相關系統。

- 為滿足 SIL 相關要求，必須先執行 EN 50126 定義之系統發展、設計、測試等 RAMS(Reliability、Availability、Maintainability 及 Safety)作業程序，以確保專案系統生命週期各階段執行都能達道系統功能性及安全性。

Q2：有無其他類似南港專案進行監測能力認證之路段?

- 目前只有南港專案，未來高雄區段亦會著手進行建置。當初南港專案分南北隧，北隧歸台鐵、南隧歸高鐵，統一由鐵工局新建，營運則為共用。

Q3：防汛期抽水的機制?

- 有自動監控集水井，分低中高水位進行不同處置，採自動抽水。

Q4：CSRC 是否有包含監控地質、環境面相關的對象?

- 主要針對機電系統。

Q5：隧道集水井若超過警戒是否會停駛?

- 超過上限會傳出訊號，再依情況判斷，目前並無超出上限之記錄。

Q6：後續對南港專案 CSRC 想再了解可以向誰連絡?

- 後續可向北工段聯繫，有留窗口電話。

Q7：臺鐵轄管之橋梁檢測資料是否都已納入橋梁管理系統?

- 不論混凝土或鋼結構橋梁、高架路段皆在橋管系統中。

Q8：橋梁管理系統之橋梁位置資料是否為點資料非線段資料?

- 依橋頭、橋尾、中心點分 3 點位建置 GPS 座標。

Q9：橋管系統資料取用臺鐵局是否同意使用?

- 政府單位都可使用，外單位請發文告知，倘後續有使用必要，請以正式函文本局，另資料可靠性仍在持續努力，偶有資料誤值情形，在引用時仍需注意。

Q10：橋管系統採用 PI 是否較 CI 好?

- 使用 CI 或 PI 皆有一定學理支持，但與實務有落差，如欄杆結構物對台鐵行駛安全影響程度很低，這部份各單位使用仍有一定落差。
- CI 或 PI 都可引用作參考，近年已提出新 CI、新 PI 計算方式，但與實務仍然有落差，惟現階段在橋梁設施安全性部分，僅有此資料可作為較客觀平均指標使用。

Q11：封橋封路機制為何?是依河床水位高度或降雨狀況?運作機制能否提供?

- 河床或降雨狀況皆有考量。
- 下雨時有做重點列管，雨量達一定值後，會開始啟動相關機制，啟動門檻在 QPESUMS 系統有依雨量訂定標準，分警示慢行或停駛。
- 河床水位高程列有監測標準，於現場設置水位標線，供巡查人員判斷，黃色為慢行、紅色停駛。
- 前述為跨河川的重要橋梁，其他如箱涵部分目前尚無相關規定。
- 列管機制書面可以提供參考。
- QPESUMS 中列管橋梁由各段清查，由於降雨量對其較有危險，故有訂定應變 SOP。
- 橋梁如有涉及到水庫部分，放流時亦會通知臺鐵；另外河川上游雨量站達到警戒值時，亦會簡訊通知該段橋管人員。
- 水位標高低並無定值，依不同橋梁現況調整。

- QPESUMS 目前列有 13 座重點監控橋梁，餘非重點橋梁部分則是由各工務段自行提報(此部分黃紅線警戒標準較統一)。

Q12：重點監控橋梁是否即代表較危險?

- 是較危險,首先違反水理計畫部分如排水斷面不足、高程相對較低,對於橋梁結構威脅較高；另外橋梁結構有損壞也會納入。目前列管皆為河川治理計畫不足。

Q13：重點監控橋梁即代表監控指標分數較佳，但在設施安全性也同時較低，對於風險指標是否有建議方向?

- 依正常程序來講會做重點監控，一定是條件比較差的，新建高架橋比較不可能列為重點監控。
- 應用新科技橋梁才有安全，通常採設置自動化監控方式。目前大甲溪橋、曾文溪橋梁有設置這些設施，但高科技監測儀器易受天然外力影響,養護極為不易,例下大甲溪橋相關儀器皆已損壞,系統穩定性不佳，經測試期監管後，發現其結果常會有誤報狀況，故已移除。

Q14：重點監控橋梁在橋管系統指標是否即較低?

- 不一定,主要原因是不符合河川治理計畫,這部份在橋管系統 CI、PI 之分數並無法實質反應。以河道為例，該部份之分數係直接由工程師自行判斷後以 DERU 值反映現況。

Q15：高架段的長度在橋管系統如何切割?

- 這部分依興建時工程長度切分,主要理念在同一工程其結構單元較一致,在管理結構體相同較易管理，未來橋梁管理 2 代系統才會逐構件填列，目前僅較重點結構逐件填列。
- 有些橋梁隨建造時間年代不同可能逐漸新建，雖為同一座橋，在系統資料建置會分為不同橋梁。

Q16：臺鐵是否有針對橋梁設定危險等級?

- 目前只有 13 座重點監控橋梁，如果有其他較危險的部分，將由工務段視現況提出後納入監控。

Q17：計畫中橋梁補強有針對哪些橋梁?

- 在101年已有發包委託評估案件「全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃委託技術服務」辦理評估工作，依該報告書提列於「行車安全6年計畫」中，先針對不符河川治理計畫、急迫性較高、有落橋風險之橋梁辦理補強或新建工程，後續已編列「耐洪耐震補強計畫」針對橋梁更新或加強耐震結構部分。後續貴所如有需索取資料，相關之橋名、位置等資訊皆可從計畫內容取得，本局可配合提供相關報告書資料。

Q18：是否有部分計畫資料在鐵工局?

- 新建中資料目前都在鐵工局中，驗收後才會移交。鐵工局目前計畫案有南迴電氣化、花東雙軌、屏潮高架、台中高架等計畫，另單獨個案部分還是需要向鐵工局請教(註：車站改建部分有時亦會涉及橋梁資料)。

Q19：目前臺鐵局業務分工?

- 工務處設有管理科、路線科、橋隧科等三科，路線科掌理路線軌道設備養護、更新、改善等業務，橋隧科掌理路線路基、橋梁、隧道、營建等業務，路基邊坡隧道屬橋隧科業務。

Q20：臺鐵傾斜儀布置點位有哪些?

- 目前只有103年建置，104年在南迴段設置4個點；另外CCTV有13處，設置於路基、邊坡、土石流重點監控路段。
- 傾斜儀一般設置於邊坡擋土牆，其監測範圍應以該擋土牆長度界定。
- 當變位量大時採派員巡查檢視，未與行車號誌系統結合，現行採預警、警戒、行動3臨界值，現階段未結合行控，因有些路段距離過遠，派員至現場排除停駛等待時間過長，目前7個工務段轄下有18個分駐所，部分路段派員至現場需1至2小時。
- 達臨界值時會簡訊通知危管人員。
- 鐵路系統路線替代性較低，故目前並不建議直接介接行控系統。
- 現有監測範圍橋隧科可提供資料，雖座標未重測過，採用50m切段仍屬適用。

Q21：QPESUMS 系統中重點監控路段可以如何取得?

- 可洽橋隧科。目前約有 54 處，含阿里山 3 處。重點監控橋梁 3 個月更新一次，依各工務段需求更新。
- 目前主要依經驗判斷設定監控雨量值，未來在行車安全 6 年計畫中，將參考高公局邊坡全生命週期管理制度方式，在重點監控路段明訂標準。
- 鐵工局在南迴電氣化計畫中有進行 164 處邊坡分級，分 A~D，A 為最危險其次為較危險，較不危險、無危險，這部份資料橋隧科亦可提供，其餘路段在行車安全 6 年計畫才會進行調查，約 2 年後可有分級結果。
- QPESUMS 在防汛期間有 24 小時人員觀看，出現燈號會再通知轄區分駐所。

Q22：巡查週期是否有規定?

- 天氣警特報、颱風皆會以電報通知各段，由各段訂定高風險路段區塊進行巡查；颱風後亦有復駛機制，地震亦同，可參考災害應變須知。
- 平常養護巡查依道班每周巡查排程，另外路線監工員、工務段主管亦會排程巡查。相關規定橋隧科可提供參考。
- 高風險路段可從 QPESUMS 取得，另外防汛檢察之路段，需向各工務段取得。

Q23：臺鐵高程資料?

- 針對淹水危害度部分採用淹水潛勢圖資，未考慮高程因素，可能與實際情形有所出入。以百福車站為例，該站已高架化，應不會有淹水危害情形，建議納入軌道高程考量較適合。
- 鐵路高程資料目前為高雄至花蓮重測過，未重測過路段高程需另外套疊。
- 大型新建工程設施相關資料需向鐵工局取得。
- QPESUMS 中有備註潛在災害類型，可分辨是否為易淹水區。
- QPESUMS 目前限局內網路使用，可再約時間來臺鐵局瞭解。
- 目前每 3 個月會填表更新包含里程、座標、災害類型、雨量管控值等。

Q24：國內是否有熱浪造成軌道變形(挫屈)情況?

- 臺灣採用長焊鋼軌，有發生過挫屈、斷軌，應變方式為增加側向阻力，如道碴夯實填補，這部分資訊可洽路線科。

Q26：是否有類似公路總局邊坡巡查管理系統或維護管養資訊之系統?

- 維修紀錄目前無系統統一登錄。
- 一般災損通常只會做復舊，大型災損會針對區域進行防治改善，依個案情形不同。
- 一般性改善計畫之原因較難歸屬於氣候變遷因素，亦有因陳情而進行之美觀改善工程，且使用經費來源不同時歸納也有可能不同。
- 財產帳有財產管理系統，但一筆財產範圍較難確認區位，例如軌道新建時為一段長度的新增財產帳，局部更換時會增帳，報廢拆除時減帳，無法依特定路段查詢。

Q27：雙軌單線與單軌在設施維護機制有無不同?

- 目前並無不同，主要依軌道構造、地址、天然條件由各工務段判斷。

Q28：未來本計畫推廣應採用何種方式較適合臺鐵需求?

- 目前計畫成果對於台鐵實務運用需求較低，可能適合用於特定的研究議題。
- 現有設施不會直接參照調適風險進行調整，主要仍依現況較差優先改善，整個區域才會有可能參考，規劃階段對於淹水、地震會納入考量，台鐵局為管理單位較無需求。
- 對於平台資料須定期更新需要排定專人，目前人力難以支應。若無專人管理，臺鐵局因管理權責依段、處、局有所不同，屆時資料更新的完整性較難掌握。
- 倘未來各段建立邊坡巡查、隧道檢查等機制時，其維管人員可能較有平台使用需求。
- 未來教育訓練可協助邀請段、橋隧科或防護團參加。

交通部運輸研究所
「氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」
臺鐵設施風險評估訪談會議簽到單

一、時間：民國 105 年 04 月 28 日(星期四) 上午 10 時

二、地點：臺鐵局

三、會議內容：臺鐵設施風險評估討論

四、出(列)席單位及人員簽到表：

單位	姓名
交通部臺灣鐵路管理局	黃金中
交通部運輸研究所	陳怡妃 李仕勤 蕭為元
鼎漢國際工程顧問股份有限公司 環興科技股份有限公司	林恩德

附錄 4.3 國道設施安全性指標訪談

時間：105 年 5 月 5 日（星期四）下午 2 點

地點：高公局第四會議室

出席者：如後簽到表所示

記錄：陳怡妃、林恩德

一、本次訪談主要係為瞭解高公局對於本計畫中有關國道「設施安全性」、「監測系統」採用之資料來源與指標分級方式之意見。主要結論為：

(一)請高公局協助提供以下資料予運研所，倘有進一步洽談需求，再洽請工務組、技術組協助聯繫。

協助資料項目	說明
橋梁資訊	➢ 河川橋里程、橋名
邊坡分級	➢ 分級結果、理程與座標

二、討論過程詳附件。

<附件: 討論過程>

Q1~Q3 為高公局提出之問題

Q1：簡報中輿情分析主要為淹水案例，應檢核其原因。

運研所

➢ 研究團隊主要係透過輿情蒐集分析方式，作為研究方法及成果之驗證。未來報告中可依主管單位提供歷史災點資訊，以避免輿情報導地點與實際具有落差。(如:國道南崁橋下道路，在輿情分析結果顯示為國道南崁)。

高公局

- 建議後續個案分析應寫清楚影響原因及詳細地點。
- 過去常見的國道交流道周邊地區淹水問題(如麻豆交流道),都已墊高改善，目前國道設施風險主要為地震。

Q2：監測系統指標分級之依據?

運研所

- 目前係依據有無設置監測系統,以及進一步針對監測系統為自動或人工方式予以評分。

高公局

- 以國道而言，所有邊坡皆為人工邊坡。在國 3 走山事件發生之後，全面檢視邊坡完成安全評估與補強作業。
- 邊坡之監測設備類型視需求而定,並非自動化即代表監測能力較佳；以國道而言，部分路段設置地錨荷重計、雨量計等，主要目的係做為長期監測，並不代表該路段特別危險。
- 倘研究團隊要依監測器自動化、人工區分指標，應考量儀器性質。
- 國道邊坡養護相當嚴謹(比部頒規範等級更高),若將未設置監測器之地點給予較低分，可能造成與實際情形不符，因部份路段並不需要進行監測。

Q3：倘邊坡已有補強作為，將如何回饋到風險指標中?

- 將反映到設施安全性指標。

Q4：對於隧道設施之安全管理作為?

- 主要為長隧道之安全管理及緊急應變作業,目前僅雪山隧道有訂定相關作業標準，後續會擴及中南部之長隧道。
- 隧道口之安全可歸類為邊坡管理，明隧道亦屬邊坡之避險工法。

Q5：國道 CCTV 是否有對邊坡進行監測?

- 目前 CCTV 使用方式皆針對路況，沒有對邊坡或結構體監測。

Q6：橋梁警示系統內容為何?

- 橋梁管理系統中有水位水庫預警功能,每座河川橋都有填報警戒值資訊，透過與水利署之水情資料介接，達到預警功能。

Q7：國道邊坡管理方式為何?

- 國道邊坡依據高速公路養護手冊第五章辦理相關作業,目前邊坡等級皆為C(邊坡無明顯不穩定徵兆，僅需進行一般定期觀察)、D(邊坡處於穩定狀況，僅需安排定期檢測)等級，無A、B級邊坡。
- 針對部分邊坡設有監測設施(如水位計、傾斜儀等)，有退場機制之規劃。
- 邊坡會依巡查結果調整分級，並在邊坡管理系統中調整等級。
- 邊坡有無監測儀器與邊坡安全無絕對關聯。
- 邊坡單元依地形、地貌而有不同大小，可提供相關里程資料。
- 邊坡對雨量耐受能力目前高公局也在研究中。

Q8：國道巡查維護管理頻率?

- 巡查頻率依不同設施及其安全等級有所不同，分每日、定期及特別巡查，
- 每日巡查主要針對路面品質,定期巡查則針對特定項目(如路燈)。
- 特別巡查則為颱風、豪大雨等特殊情形，巡查項目亦有不同。
- 目前除國3走山之歷史事件外，無其他災點紀錄。

Q9：是否同意使用橋梁管理系統之國道橋梁資料？

- 同意使用。
- 橋梁PI值主要為結構老劣化，建議可改採橋梁耐洪能力。

Q10：後續研究成果辦理推廣教育訓練時，建議可向哪些科室接洽?

- 除今日參與訪談之科室外，災動小組或許亦可參加。
- 計畫成果建議再由工務組、技術組確認風險地圖合理性。

交通部運輸研究所

「氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」

國道設施風險評估訪談會議簽到單

一、時間：民國 105 年 05 月 05 日(星期四) 下午 2 時

二、地點：高公局

三、會議內容：國道設施風險評估討論

四、出(列)席單位及人員簽到表：

單位	姓名
交通部國道高速公路局	陳添宇 劉約志 黃蓮春 李人彥
交通部運輸研究所	陳怡妃 李仕勤
鼎漢國際工程顧問股份有限公司 環興科技股份有限公司	林恩德 胡以琴

附錄 4.4 高鐵設施安全性指標訪談

時間：105 年 5 月 9 日（星期一）上午 10 點

地點：高鐵公司桃園運務大樓會議室

出席者：如後簽到表所示

記錄：陳怡妃、林恩德

一、本次訪談主要係為瞭解高鐵公司對於所轄有關「設施安全性」、「監測系統」建議或已採用之資料來源與指標分級方式。主要結論為：

(一)請高鐵公司協助提供以下資料予運研所，倘有進一步洽談需求，再洽請協助聯繫。

協助資料項目	說明
250M 里程標圖檔	➢ 屬性包含里程、高程資料、結構型式
監測設施點位	➢ 設施別、座標
邊坡分級資料	➢ 分級標準、里程、座標、等級

二、討論過程詳附件。

<附件：討論過程>

Q1~Q6 為高鐵公司提問之問題

Q1：建議在平台相關分析成果圖資上，以圖例方式標註各指標分級方式

➢ 運研所：感謝建議，後續將在圖例說明中加註各指標級距分級。

Q2：簡報將高鐵元件之高架段、過溪橋梁段及隧道段納入坡地災害，其主要考量為何?

- 運研所：隧道部分主要係考量隧道口崩坍情況，過溪橋梁部分係因坡地潛勢圖資包含路堤段，故仍將坡地災害納入。
- 高鐵公司：研究團隊在高鐵設施分類方式與高鐵內部分類有所差異。目前高鐵公司分類為高架、路堤、路塹、隧道。隧道部分，可分地下隧道及過山隧道。地下隧道僅為 TK16+801 樹林以北、桃園車站區 3 公里，其餘為過山隧道。

Q3：淹水潛勢是否考慮高程資料?

- 運研所：目前尚未納入設施高程。
- 高鐵公司

1. 此部分易造成誤解高鐵車站會有淹水危害。因高鐵車站設計防洪採 200 年標準，未來也許需要再調整。
2. 高鐵有每隔200M高程資料,建議研究單位再套疊DTM數值地形模型,可得知是否為路堤、高架段，便於釐清是否需套疊淹水潛勢。
3. 高鐵除了樹林到南港地下段，其餘路堤、高架段皆有一定高程，應無淹水疑慮。

Q4：研究團隊過去年度亦有至高鐵公司訪談蒐集相關資料，這次訪談主要為何?

- 運研所

1. 今年計畫主要係針對前期評估指標精進強化，由其是設施安全性指標。因此，本年度針對鐵公路機關逐一深度訪談，瞭解鐵公路主管機關對於轄管設施維護管理方式，檢視是否有更適合納入作為設施安全性或監測指標之資料。
2. 由於高鐵公司前期提供之資料較為缺乏，故在研究成果上也較無法合理呈現高鐵設施氣候變遷風險程度。
3. 希望高鐵公司能夠協助提供相關資料，讓本計畫研究成果可以回饋至高鐵公司，有利於高鐵面對氣候變遷上風險管理業務的推動。

Q5：淹水危害度評估方式?

- 運研所

1. 本計畫採用水利署基期重現 100、200、500 年期之淹水潛勢圖資表示未來氣候情境淹水危害情形，並以淹水潛勢圖資之淹水高度區間加以考量對運輸系統實際之影響程度，訂定鐵公路淹水危害分級標準。

2. 風險等級係由淹水潛勢圖套疊路段計算淹水危害度，並依據路段平均脆弱度等級，以風險矩陣對應出風險值。

Q6：坡地災害危害度如何估算?

- 運研所：主要係採用中興社參考中央李錫堤老師的分析方法，針對邊坡單元在不同降雨量情況下，模擬崩塌的機率值。
- 高鐵公司：建議研究單位確認李錫堤老師所用的航照圖年期，避免過於老舊在高鐵路塹部分有所差異。

Q7：對於高鐵沿線安全之作為?

- 高鐵公司

1. 高鐵沿線大致分為隧道段、土方段(路堤、路塹)、高架段(行經平原或河川)。
2. 地震會針對特定區域進行檢查，大型地震時才進行全線檢察；土石流則針對發生地區；洪水則對於橋梁耐沖刷能力，較少單獨針對河川橋，但河川橋另外有監測系統。
3. 高鐵人工巡查分為定期及不定期，有制定標準作業流程。不定期部分主要針對地震、豪大雨情形。
4. 巡查結果會登錄管理系統進行缺失改善追蹤，但無制定安全等級標準。目前刻正規劃 CLMIS 系統，未來對於隧道、橋梁、邊坡會訂定安全等級標準。
5. 高鐵橋梁無規範於橋梁管理系統。

Q8：防災資訊系統(DPGIS)和天然災害告警系統(DWS)包含哪些?

- 高鐵公司

1. DPGIS 為高鐵統一的災害圖資管理系統，以 Google Earth 建置，DWS 資訊同步回饋於 DPGIS。主要呈現邊坡滑動、雨量、土石流等訊息，供應變人員進行初步判定。
2. 監測結果是否同步連動行車號誌，視監測對象是否會造成立即性危害而定。例如風速、雨量無立即危害，則無與行車號誌連結；地震、邊坡等會有立即性影響者，則會與行車號誌連結。
3. 感應器監測範圍，因有保密需要，僅能提供監測設施點座標資料，且須簽署保密協定。

4.邊坡滑動感應器一般設置於坡角、路塹。

5.圍籬、隧道洞口會設置感知器，感應是否有動物、落石進入軌道中。

6.雨量、水位計為高鐵自行監測之資料，非介接河川局資料。

7.邊坡維護管理並非單看 DWS 項目，還需針對邊坡長期穩定情形監測管理，DWS 只針對列車行駛有關。

Q9：是否可提供 DWS 系統功能項目?

- 高鐵公司:可提供該系統功能簡報資料，後續再洽高鐵公司。

Q10：邊坡分級資料是否能提供作為設施安全分級參考?

- 高鐵公司：邊坡分級資料尚需評估是否提供。

Q11：鐵公路氣候變遷調適資訊平台使用單位為何?

- 運研所:目前僅提供交通部所屬之鐵公路主管機關(包含高鐵公司)以帳號密碼方式登錄使用，一般民眾無法進入平台。

Q12：對於後續計畫成果推廣參與意願?

- 運研所

1.今年計畫主要工作之一為針對鐵公路主管機關，希望能以較詳盡課程說明研究方法與成果，亦希望能回饋相關意見，讓調適機制可持續進行。

2.目前規劃課程長度約 3 小時，場地依單位參與意願人數，決定至各單位或統一在本所辦理。

Q13：本計畫嘗試針對高鐵近年之輿情進行分析，其結果發現主要新聞類型為站外淹水。這部份改善情況如何?

- 高鐵公司

1.應屬周邊地區淹水。高鐵設施採防洪 200 年標準，地下段部分站內皆設置有抽水設備，車站本身都有墊高處理。

2.以八八風災為例，周圍淹水，但高鐵仍可保持正常行駛。

3.隧道部分有做高低差處理，較無淹水疑慮。

交通部運輸研究所
「氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」
高鐵設施風險評估訪談會議簽到單

一、時間：民國 105 年 05 月 09 日(星期一) 上午 10 時

二、地點：台灣高速鐵路股份有限公司

三、會議內容：高鐵設施風險評估討論

四、出(列)席單位及人員簽到表：

單位	姓名
台灣高速鐵路股份有限公司	許修文 楊政文 邱榮江 李佶
交通部運輸研究所	陳怡妃 蕭為元
鼎漢國際工程顧問股份有限公司 環興科技股份有限公司	胡以琴 林恩德

附錄 4.5 省道設施安全性指標訪談

時間：105 年 9 月 22 日(星期四) 下午 2 點 30 分

出席者：運研所—陳副總工程司進發、李仕勤

鼎漢公司—林恩德

記錄：林恩德

一、本次訪談主要係為瞭解公路總局對於所轄有關「設施安全性」、「監測系統」建議或已採用之資料來源與指標分級方式。主要結論為：

(一)監測

1. 調整指標名稱為預警應變能力或預警應變

公路邊坡大地工程設施維護與管理規範(104 年版)，第七章「大地工程設施監測」章節中，監測有特別定義那些設施，容易被誤會。

2. 應評估是否有應變作為，甚至進一步透過 CBS 系統簡訊通知地區內民眾疏散、未進入則避免進入，才能真的降低脆弱度

很多地區架設監測系統，但一線管理人員不知該如何用，這樣有架設與沒監測是一樣的，但是如果有訂定行動值，如水位高於多少即進行管制，多少進行封橋，這樣有行動才有降低脆弱效果；但如果只有一線單位知道效果有限，如果有進一步通報，甚至透過簡訊通知民眾撤離或避免進入，那脆弱度才會降低。省道為例目前只有 15 條省道有訂行動值，其他認為安全路段則無。

(二)替代道路數

1. 同意目前處理方式，須加強說明，有考慮不同道路間替代性，

旅行時間變化

說明後已理解分析方式，補充應注意不同道路功能之可替代性，如蘇花沒有進行貨車，但未來蘇花改可能禁行貨車，雪隧也禁行貨車，只能走濱海公路。

(三)設施安全性

1. 採用年期對於台鐵、公總並不公平，可從區域排水角度

省道、台鐵多為舊有路線，相較國道、高鐵建設時有比較完整路線調查評估不同，市區有比較完整下水道，郊區則無，可以此角度進行切入。

2. 應說明清楚設施在什麼樣設計標準或區域排水程度下分級

可以理解此計畫要完成全台設施安全評估不太可能，因此應該著重在於評估準則訂定，讓設施主管單位可依此進行評估，因計畫需求還是要先依可行方式先處理基礎值可以理解，但是用年期來分則較無法接受，應該是要說明清楚設施在什麼樣的設計標準或區域排水程度下，可以給予幾級分。

3. 河川治理治理計畫可納入參考

近年水利署河川治理治理計畫有針對易淹水地區進行改善，已改善地區應可給予較高分級。

(四)會後心得與調整方式(結論)

1. 監測改名稱為預警應變，沒有監測或有監測沒作為 3 級分；有監測並訂定行動值進行管制封路措施，可為 4 分；更進一步透過「細胞廣播服務技術」(Cell Broadcast Service，CBS)，發布災害簡訊通報，可為 5 級分。

2. 替代道路數補充說明計算方式，雖然計算時以 GIS 方式處理，但應該說明清楚設施主管單位使用時，可如何判斷當地替代道路數。

3. 設施安全性納入河川治理計畫改善地區，近年有改善地區路段，其設施年期更新調整

4. 要能讓設施主管單位知道要做什麼風險評估才有意義，將政策方向納入調適策略中，才能提升設施主管單位認同，且了解操作方式。

5. 案例應先與設施主管單位確認，過去都用歷史災點或計劃來說明，之後如果改用進行中或推動中計畫，更容易獲得認同。

6. 長期計劃方向應與科技部應用科技方案之調適推動結合。

(五)未來可再討論調整方向

1. 設施安全性提供設施主管單位操作之分級準則，讓高危害度地區應採用較高設施安全規範之調適策略與設施安全指標可以對應。

- 公路排水設計標準(供新建、改建時，風險評估或脆弱度評估使用)

設計	2 重現年以下	5 重現年	10 重現年	20 重現年	高於 20 重現年
分級	低	中低	中	中高	高

- 區域評估(雨水下水道覆蓋率與排水能力關聯)

下水道覆蓋率	60%以下	61~70%	71~80%	81~90%	90%以上
分級	低	中低	中	中高	高

- 邊坡分級標準

邊坡分級	等級
A(危險)	低(1)
B(稍微危險)	中低(2)
C(較安全)	中(3)
D(安全)	中高(4)
無邊坡、無分級	高(5)

➢ 歷史評估(無設計資訊、區域排水能力時使用)

分級	淹水	坡災
高	2 年內有災害紀錄，且未改善完成，或有明顯淹水可能	2 年內有災害紀錄，且尚未復建完成，或有明顯不穩定徵兆之邊坡
中高	2 年內有災害紀錄，且因區域因素無法改善	2 年內有災害紀錄，且因地形地質因素無法設置護坡設施，或有潛在不穩定徵兆之邊坡
中	5 內有災害紀錄，後續無明顯淹水可能	5 內有災害紀錄，後續無明顯不穩定徵兆之邊坡
中低	5 年內未有災害紀錄，且無明顯淹水可能	5 年內未有災害紀錄，且無明顯不穩定徵兆之邊坡
低	完全無淹水疑慮	無邊坡或無坡災疑慮

➢ 快速評估(資料不足時，可依據最近設施改建年期、區域排水、邊坡改善進行快速評估)

公路年期	等級
1987 年前	低(1)
1988~1991 年	中低(2)
1992~2009 年	中(3)
2010~2025 年	中高(4)
2025 年後	高(5)

鐵路年期	等級
1978 年前	低(1)
1979~1990 年	中低(2)
1991~2006 年	中(3)
2007~2025 年	中高(4)
2025 年後	高(5)

附錄五

計畫推廣辦理情形

附錄 5 計畫推廣辦理情形

附 5.1 推廣會議

於 6 月 17 日辦理計畫推廣會議兩場次，包括上午場次的公路主管機關以及下午場次的鐵路主管機關，推廣會議辦理過程與記錄說明如下。

一、會議：「鐵公路氣候變遷調適資訊平台介紹與操作」推廣訓練

二、時間：民國 105 年 6 月 17 日(星期五) 9 時 20 分至 16 時 30 分

二、地點：本所 6 樓 電腦教室

四、主席：張 瓊文 組長

五、講師：鼎漢公司胡技術長以琴、周資訊長諺鴻、林規劃師恩德

六、出席名單：

公路主管機關：徐世軒、鄭安順、謝岷宜、許程凱、趙駿穎、戴鎮原、林宥辰、魏佳韻、李人豪、莊益賓

鐵路主管機關：黃鴻博、謝和修、陳淑英、江羿寬、紀尚詮、高嘉莉、蔡宜展、陳全佑、鄭佳邦、李龍仁、黃士銘

七、報告內容摘要：

概述氣候變遷運輸系統風險評估計畫之背景、風險評估方法、風險評估試算案例，並說明資訊平台功能及操作方式，內容如下：

1 氣候變遷運輸設施風險調適計畫介紹：

(1) 計畫目的：建立完整資訊，提供鐵公路主管機關充分客觀資訊，檢視運輸系統於氣候變遷之風險熱點成因，研擬有效之調適措施並提供作為調適行動計畫之依據。

(2) 計畫範圍與對象：綜整國道、省道、快速道路、臺鐵、高鐵，研究道路之風險、脆弱度與危害度等特性。研究之成果供運研所、交通部路政司與管理資訊中心以及鐵公路主管機關使用。

(3) 名詞定義：說明暴露度、脆弱度、危害度、風險、重現年、淹水潛勢與坡災潛勢等氣候調適相關名詞之定義。

(4) 風險評估計算方法：說明 104 年與 105 年之風險評估方法與風險矩陣，並針對不同設施之計算方式差異說明。應用評估方式試算鐵公路案例之屬性與指標等級。

2 平台相關資訊查詢與操作：

(1) 資料平台功能說明：平台結合 GIS 查詢、資料庫、風險評估、規範與工具以及相關聯結等功能。

(2) GIS 查詢與操作：說明 GIS 查詢之涵蓋資訊與操作方法，現場提供鐵公路主管機關實際操作與討論之案例，以熟悉平台之操作。

3 平台新增功能包含風險評估功能之強化與評估指標修改：

(1) 風險評估功能強化：新增查詢選單提供使用者依決策需求組合評估的指標項目權重，產出風險地圖。

(2) 評估指標數值修改：新增數值建議調整回報機制，提供使用者針對路段所估算之不合理指標評分提出數值之建議。

八、討論：

1 高公局：道路目前是以 500 公尺去做切分，但道路結構不同時會如何處理？例如切分的時候，300 公尺為平面道路而另外 200 公尺為橋梁，會依實際結構物去做調整嗎？如果一條道路為高淹水潛勢路段，但包含橋梁，但橋梁並不會淹水時，這種情況是否應進行調整？→針對國省快道、台鐵統一切分

500m，但是會遇到設施元件變化的問題，目前處理方式為500m 切分只是針對里程標的部分，在元件屬性變化時，路網上會依情況分為 2~3 段不同路段進行處理，統一里程切割並不影響元件計算差異，邊坡分級差異則取該段 A~D 級中接近 A 者為代表值。

2 高公局：目前的風險評估內只有監視系統一項為人為設施評估指標，但是否應納入其他人為設施？如排水系統等？

→設施主管單位的調適策略作為，可在設施安全性指標中回饋，後續如能提供更多佐證資料，可對於指標修正調整進行處理。

3 高公局：國道替代道路數最高級距設定為 8 條，目前似乎沒有路段可以達到該標準，是否應進行調整?

→目前研究所採用之替代道路指標是以交流道平均間距為 10 公里基礎下，以 5 公里半徑為範圍所套疊到路段作為替代道路數，故與一般認知之單一路線為一條替代道路數之認知有所差異，後續可再討論如何處理可與一般認知更為貼近。

4 操作平台的定位系統，在里程裡無法以小數點的方式輸入？

→因為路網是以 500 公尺為單位，故以小數點方式輸入的話可採 0.5 的單位輸入。在路網的切分上，如高公局希望能依邊坡分段進行切割，後續在資料處理上會再進行討論，對於單一路段遇到 2 處以上邊坡之處理方式，在使用坡災潛勢套疊時，亦有遇到相同情形，但因其為網格化資料，採用平均方式處理，未來在更新坡災潛勢圖時，再與相關單位討論，能否依邊坡進行分段處理。

→公路總局表示目前有在進行里程清查，應於明年底或後年可提供較為準確里程座標。

5 風險地圖與底圖的顏色是否可以分離出來?讓圖面比較好閱讀，因目前的中跟中高的對比色不明顯。

→目前底圖是使用 TGOS，有幾個不同的底圖可以做切換，但要調整底圖的顏色會有難度。對比色的處理會再嘗試讓黃橘色與底圖的配色能有所區隔。

6 運研所：操作平台時可發現花東地區、屏東與高雄之省道路段的底圖與模擬出之風險路段不穩合，麻煩再確認圖資的套疊。另車站無法於定位系統裡直接進行定位，此功能煩鼎漢公司再行討論。另外在路網的單位上亦可由各單位提供後進行整合。

→路網差異在於底圖採用 TGOS，但在分析時使用路網數值圖，差異部分建議交通部資訊室與內政部資訊中心再協調；車站部分在圖台定位功能「地標/地名」功能中可進行定位；里程、設施元件(高架、平面、隧道)等整合，設施主管單位或路網數值圖如有更新或提供參考資訊可再配合調整。

7. 暴露度、脆弱度與危害度的定義以及對於設施的關係？

→相關定義各國之間 IPCC 亦持續在進行調整，兩項的定義在 104 年與 105 年就有差異性，彼此之間都會有一些相關性，故今日分享 104 年與 105 年之計算方法差異。

8 高鐵局：捷運系統是否會於後續納入平台之風險評估系統？

→因計畫初期界定研究範圍在於交通部直接轄管設施單位，但仍舊歡迎縣市政府所管轄單位，可參照本計畫方法或提供分析所需資料進行分析。

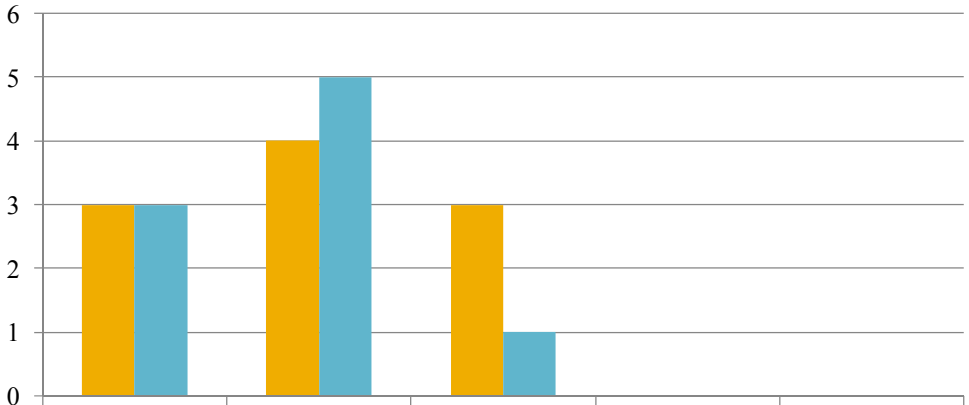
9. 各單位可如何去應用平台所產生之風險評估結果？

→因應國發會之計畫，平台可協助篩選最上層之資料，針對風險較高之路段再往下探索改善方案，平台之評估結果可協助各單位分析風險路段並進一步研擬調適策略。

10. 平台的資料可直接使用會議所提供之帳號與密碼登入，敬請與會者登入使用，並回饋使用意見以提升系統品質。另平台

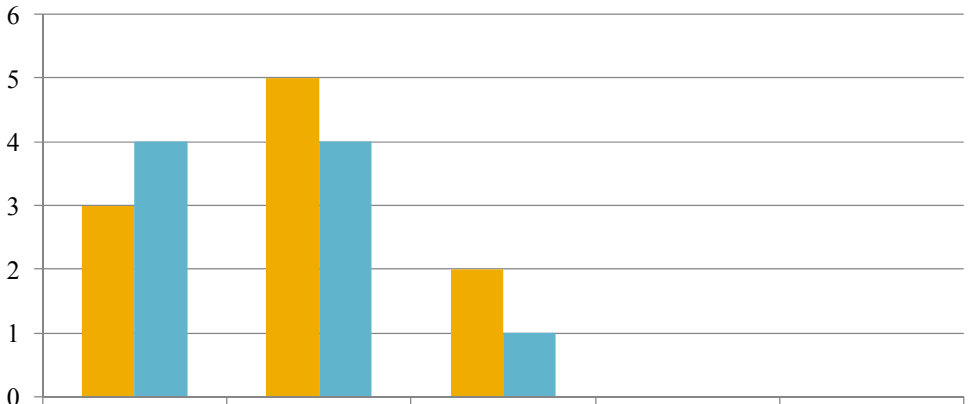
會於後續新增評估指標數值修改建議功能，也敬請與會者於後續提供相關之建議。

九、滿意度調查



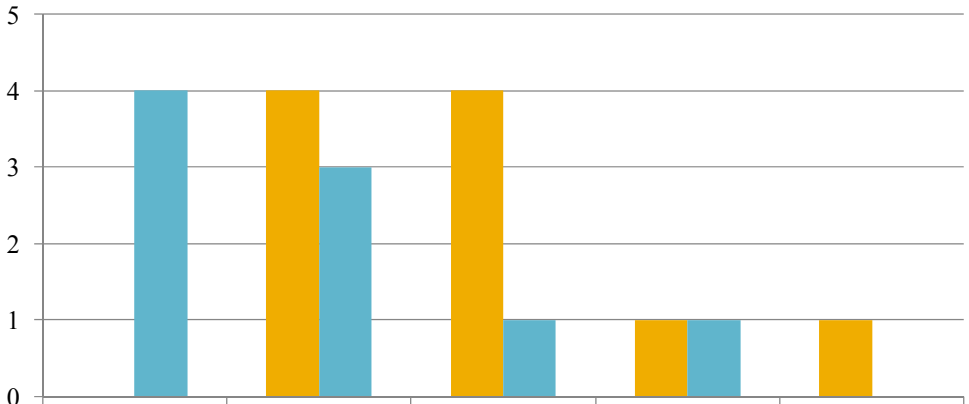
	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	3	4	3	0	0
公路	3	5	1	0	0

附圖 5.1.1 整體系統的使用(操作方式、流暢度)



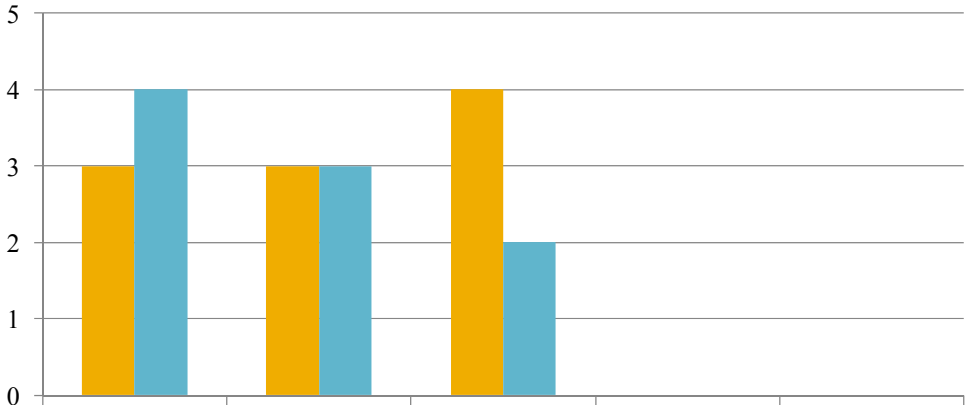
	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	3	5	2	0	0
公路	4	4	1	0	0

附圖 5.1.2 系統提供的功能(資訊內容)



	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	0	4	4	1	1
公路	4	3	1	1	0

附圖 5.1.3 系統與您實際工作的相關性



	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	3	3	4	0	0
公路	4	3	2	0	0

附圖 5.1.4 是否願意再使用此系統

附表 5.1-1 開放性問題匯總

單位	題目	建議
鐵路、高鐵主管機關	系統的功能、設計、操作方式、資料內容等是否有任何建議	1. 增加風險顏色對照圖(系統圖面上)，目前的顏色與底圖易混淆。 2. 平台以 IE 開啟操作正常，但使用 Chrome 操作時，GIS 里程定位無法定位。在 Windows 10 Edge 系統中不知能否正常操作? 3. 近期是否有計畫新增介接服務供整合使用?
	系統規劃新增的屬性修改和權重自訂功能設計是否有任何建議	無。
	其他意見需電話聯絡	暫無需求。
公路主管機關	系統的功能、設計、操作方式、資料內容等是否有任何建議	1. 增加風險顏色對照圖(系統圖面上)，目前的顏色與底圖易混淆。 2. 平台以 IE 開啟操作正常，但使用 Chrome 操作時，GIS 里程定位無法定位。在 Windows 10 Edge 系統中不知能否正常操作? 3. 近期是否有計畫新增介接服務供整合使用?
	系統規劃新增的屬性修改和權重自訂功能設計是否有任何建議	1. 增加各機關自行增減參數之功能。
	其他意見需電話聯絡	暫無需求。

十、活動照片（加註文字簡述）：

	綜技組張組長瓊文說明推廣會目的與期望成果。
	鼎漢公司周資訊長諺鴻說明計畫之背景與風險評估方法(上午場)。
	參加人員使用本計畫之風險評估方法試算風險。

	鼎漢公司胡技術長以琴說明計畫之背景與風險評估方法(下午場)。
	參加人員操作與熟悉平台之功能。

十一、會議資料(公路)

交通部運輸研究所

~ 氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫

2016/06/17

氣候變遷運輸設施風險評估暨調適資訊平台推廣會



鼎漢國際工程顧問股份有限公司

2

推廣會議程–公路場次

時間	主題	內容說明
9:20–9:30	公路場次報到	
9:30–10:10	計畫概要說明	解說計畫緣起與辦理目的。
	氣候調適名詞定義	解說氣候調適重要名詞暴露度、脆弱度、危害度、風險、重現年。
	風險評估方法	1.解說風險地圖計算過程 2.不同設施元件(平面、橋梁、隧道)計算差異。
	風險評估試算	以實際案例套用風險評估方法進行計算。
10:10–10:30	Q & A	
10:30–10:45	休息	
10:45–11:45	鐵公路氣候變遷調適資訊平台介紹	1.平台功能操作說明(含案例操作及試題教學) 2.開發中功能介紹(指標檔案)
11:45–12:00	意見回饋	



1 計畫概要說明

4

計畫目的

背景

- 101/6/25行政院核定國發會「國家氣候變遷調適政策綱領」界定8大領域，交通屬維生基礎設施，需建立建立風險評估機制與資訊平台
- 本所104年已完成鐵公路脆弱及危害度分析、大尺度風險地圖及調適平台建置，可檢視不同氣候情境設施風險熱點與成因
- 完備評估方法與指標(如：設施安全性)
- 並強化脆弱度及風險分析功能，支援鐵公路主管機關氣候變遷因應之決策分析

目的

- 提供主管機關充分客觀資訊，檢視運輸系統於氣候變遷風險熱點成因，研提有效之調適措施
- 作為運輸部門相關機關研提調適行動計畫之依據



5

研究範圍與對象

研究範圍

- 國道、省道、快速公路、高鐵、臺鐵(不含支線)
- 基年(1980~1999年)、未來(2020~2039年)之50、100、200重現年
- 風險、脆弱度(社經發展程度、運輸設施現有能力、危害度(坡災、淹水)

資訊服務對象

- 運研所綜技組、運計組、交通部路政司與管理資訊中心、高公局、國工局、公路總局、鐵工局、臺鐵局、高鐵局、高鐵公司
- 運輸設施脆弱度評估、危害度評估、風險評估、調適資訊發佈與策略推廣、交通部所屬單位研究資訊交流



6

氣候變遷的影響

氣候變遷現象

- 氣溫上升
- 降雨型態改變
- 極端氣候事件
- 海平面上升

嚴重者將導致

直接衝擊

鐵公路中斷等災害

- 強降雨引發土石流
- 莫拉克颱風之八八風災
- 梅姬颱風之蘇花公路災害
- 交流道或平面道路等處淹水

間接造成...

- 人民生命財產與經濟的損失



5/16 台鐵鶯歌桃園停駛



5/30 台9線141.6K武塔坍方

7

氣候變遷調適作為

「國家氣候變遷調適政策綱領」

氣候變遷之衝擊與八大調適領域

- 氣溫上升
- 降雨型態改變
- 極端氣候
- 海平面上升

- 災害
- 維生基礎設施
- 水資源
- 土地使用
- 海岸
- 能源供給及產業
- 農業生產及生物多樣性
- 健康

「調適策略：建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式」

- 建立風險評估機制
- 建置氣候變遷調適資訊平台

8

運輸部門優先調適計畫

16項優先行動計畫(102-106)

調適策略	計畫名稱	主辦機關
既有法令與相關規範之落實與檢討修訂	訂定「鐵路橋梁耐震設計性能規範(草案)」	高鐵局
建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式	重大鐵公路建設氣候變遷調適策略、脆弱度評估及調適資訊平台之研究	運研所
擬定落實維生基礎設施分等級之開發與復建原則	公路分等級開發及復建之評估及建設準則	公路總局
落實維生基礎設施維修養護	國道高速公路邊坡監測與補強計畫	高公局
加強各管理機關間協調機制與產業、學術界資源之整合	公路防救災資訊系統維護管理及功能擴充服務	公路總局
建置維生基礎設施營運管理資料庫及強化監測作業	建置鐵路邊坡管理系統(納入「鐵路行車安全改善六年計畫」辦理)	臺鐵局
	邊坡維護管理系統計畫及地質調查	公路總局

加強規範　評估機制　加強監測　邊坡管理

2 氣候調適名詞定義

10

氣候調適名詞定義

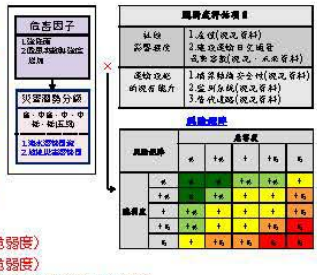
- 暴露度(設施安全性-橋梁管理系統、邊坡分級)
  - 本身的狀態易受危害影響，而且已經暴露在危害的威脅之下
- 脆弱度(潛在影響-產值、交通量；預警應變能力-替代道路、監測)
  - 係指易受到不利影響的傾向與素質，包括對於損害的敏感與感受性以及缺乏應對或適應的能力
- 危害度(淹水、坡災潛勢)
  - 氣候變遷引起之災害對交通建設產生衝擊之失能機率或程度
- 風險(淹水、坡災)
  - 氣候變遷衝擊對交通設施未來可能損害或損失的程度
- 重現年(重現期距)
  - 事件發生頻率，如100重現年為該事件每年發生機率為1%
- 淹水潛勢(水利署96年版第二代)
  - 先依地形資料分成上游山區逕流模擬區域及平地淹水模擬區域，再利用淹水模式模擬在某種降雨條件下的淹水潛勢。淹水模式則混由山區逕流模式、都市雨水下水道排水模式及二維漫地流淹水模式（含抽水站操作）等3個模式組成
- 坡災潛勢(中興引用地調所資料模擬)
  - 模擬因強降雨引致之邊坡崩塌機率，變數含坡度、坡向、地形、雨量等。

3 風險評估方法

12

風險評估方法(104年版)

- 風險 = f(危害度, 脆弱度)
  - 風險：氣候變遷對交通設施未來可能損害或損失的程度
  - 危害度：氣候變遷引起的災害(探討坡災與淹水危害)對交通設施產生衝擊失能機率或程度
  - 脆弱度：交通設施受氣候變遷負面影響的傾向與本質，包括敏感性、容易受災特性，以及目前應付與適應的能力



- ✓設施坡災風險 = f(坡災危害, 設施脆弱度)
- ✓設施淹水風險 = f(淹水危害, 設施脆弱度)
- ✓設施脆 弱 度 = 平均(社經影響程度, 運輸設施的現有能力)
- ✓社經影響程度 = 平均(交通量, 產值)
- ✓運輸設施能力 = 平均(橋梁結構安全性, 監測系統, 替代道路)

13

風險評估方法(105年版)

危害矩陣		淹水、坡災潛勢				
		低	中低	中	中高	高
暴露度（設施安全）	低			中低	中低	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中	中	中高	中高
	中高	中低	中	中高	中高	高
	高	中	中高	中高	高	高

篩選中級別以上危害度路段，進行風險評估

■篩選中高級別以上風險路段，作為調適實施重點
■風險地圖僅呈現高(紅)、中高(黃)、非高風險路段(綠)
■分基年、未來年、試作維生設施在基年等三類分析情境

■評估範圍
鐵公路設施：國道、省道、快速公路、高鐵、臺鐵
維生基礎設施：能源、供水、通訊、港口、機場、車站。本期以核二廠、桃機、台鐵富岡機廠為例

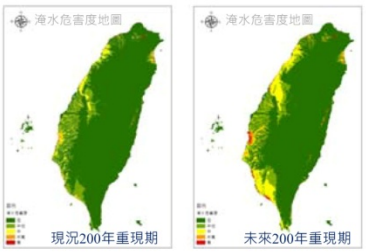
■氣候情境
基年(1980~1999)、未來(2020~2039)之50、100、200重現年共六項情境

風險矩陣		危害度				
		低	中低	中	中高	高
脆弱度	低			中低	中	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中低	中	中高	中高
	中高	中低	中	中	中高	高
	高	中	中	中高	高	高

14

淹水危害度

- 採用經濟部水利署於民國96年所製作之第二代淹水潛勢圖
- 未來淹水潛勢部分，水利署尚無氣候變遷下全台淹水潛勢圖

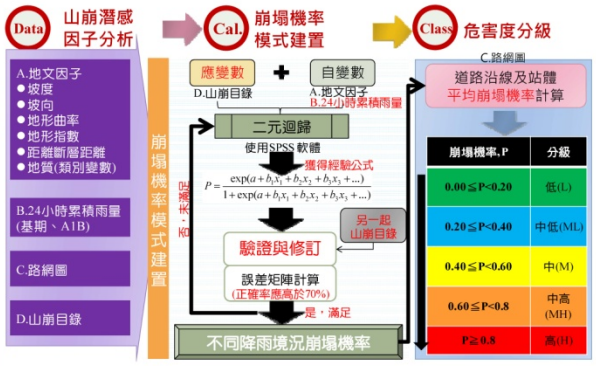


- 未來重現年50年淹水潛勢部分，採用現況重現年100年的淹水潛勢圖
- 未來重現年100年淹水潛勢部分，採用現況重現年200年的淹水潛勢圖
- 未來重現年200年淹水潛勢部分，採用現況重現年500年的淹水潛勢圖

北部地區	基期/50T	基期/100T	基期/200T
降雨量	647.029	[illegible]	[illegible]
北部地區	未來/50T	未來/100T	未來/200T
降雨量	[illegible]	[illegible]	934.9

15

坡災危害度



16

不同設施元件計算差異(1/4)

■ 基礎底圖

運輸系統	國道	省道	快速公路	臺鐵	高鐵
路段切分	100m	500m	100m	100m	250m
元件	平面、平面高架、河川橋、隧道、車行地下道				
里程格式	69K+700			K69+700	69K+750

*交流道、明隧道視為平面

■ 危害度(淹水/坡災)
- 淹水：重點監控橋梁5級分，其餘橋梁隧道1級分，車行地下道淹水潛勢等級統一提高一級，平面依淹水潛勢圖分級
- 坡災：套疊無邊坡1級分，隧道、車行地下道1級分，平面、橋梁依坡災潛勢分級

淹水深度D(m)	分級	分數
0.00≦D<0.30	低(L)	1
0.30≦D<1.0	中(M)	3
1.0≦D<	高(H)	5

坡災機率分級

0.0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
低	中低	中	中高	高

17

不同設施元件計算差異(2/4)

■ 暴露度(設施安全性) ※無資料以空格表示，給予中間值評分

設施元件	淹水(資料來源/計算方式)		坡災(資料來源/計算方式)	
平面		統一3級分	邊坡分級	分級距
平面高架	橋管系統PI	分級距	邊坡分級	分級距
河川橋	橋管系統PI	分級距		統一3級分
隧道		統一3級分		統一3級分
車行地下道		統一3級分		統一3級分

橋管系統PI值	指標
80分以下	高(5)
80~90	中高(4)
90~100	中(3)

邊坡分級	指標
A(危險)	高(5)
B(稍微危險)	中高(4)
C(較安全)	中低(2)
D(安全)	低(1)

18

不同設施元件計算差異(3/4)

■ 脆弱度-預警應變能力-監測
- 中低危害度以下統一給予1分，中以上依有無加減分
- 淹水-水位計、雨量計、CCTV(八掌溪)、雨量站(水利署、氣象局)-範圍10km
- 坡災-傾斜儀、地錨、CCTV(臺鐵南迴)-依邊坡區段
- 重點監控路段視為有監測

危害等級 / 監測	危害度低	危害度中低	危害度中	危害度中高	危害度高
有監測	1	1	2	3	4
無監測	1	1	3	4	5

■ 脆弱度-預警應變能力-替代道路

等級	高鐵	臺鐵	國道及快速公路	省道
高(5)	≦5	≦2	≦1	≦1
中高(4)	5<X≦8	2<X≦4	1<X≦3	1<X≦3
中(3)	8<X≦10	4<X≦7	3<X≦5	3<X≦5
中低(2)	10<X≦13	7<X≦10	5<X≦8	5<X≦8
低(1)	>13	>10	>8	>8

19

不同設施元件計算差異(4/4)

■ 脆弱度-潛在影響程度-產值

等級	產值範圍(億元)
高(5)	>=2,000
中高(4)	500~<2,000
中(3)	60~<500
中低(2)	6~<60
低(1)	0~<6

■ 脆弱度-潛在影響程度-交通量

等級	高鐵站周日搭乘人數	臺鐵站周日搭乘人數	國道日交通量(PCU)	快速公路日交通量(PCU)	省道日交通量(PCU)
高(5)	7萬以上	5萬以上	10萬以上	10萬以上	10萬以上
中高(4)	5-7萬	2.5萬-5萬	5萬-10萬	5萬-10萬	2.5萬-10萬
中(3)	3-5萬	1.5萬-2.5萬	2.5萬-5萬	2.5萬-5萬	1萬-2.5萬
中低(2)	1-3萬	5千-1.5萬	1萬-2.5萬	1萬-2.5萬	5千-1萬
低(1)	1萬以下	5千以下	1萬以下	1萬以下	5千以下



4 風險評估試算

案例：國2機場端交流道

案例：省道台9武塔141K+600

試算：假設某路段情境進行試算

21

國道案例—國2桃園機場端交流道

■ 屬性描述

- 路段類型：國道交流道
- 產值：2,010 億元(5級分)
- 交通量：60,337 PCU(4級分)
- 替代道路數：1(5級分)
- 監測系統等級：危害度中有監測(2級分)
- 設施安全等級：3級分

危害矩陣		海水．坡災潛勢				
		低	中低	中	中高	高
脆弱度(含調適能力)	低			中低	中低	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中	中	中高	中高
	中高	中低	中	中高	中高	高
	高	中	中高	中高	高	高

■ 指標計算

- 脆弱度-潛在影響：AVG(產值, 交通量)= 4.5≒5(四捨五入)
- 脆弱度-預警應變能力：AVG(監測, 替代道路數)= 3.5 ≒4(四捨五入)
- 脆弱度：AVG(潛在影響, 預警應變能力)=4.5 ≒5(四捨五入)
- 淹水潛勢：現淹水潛勢200重現年(3級分)
- 暴露度：3級分
- 危害度：3級分
- 淹水風險：4級分

風險矩陣		危害度				
		低	中低	中	中高	高
脆弱度	低			中低	中	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中低	中	中高	中高
	中高	中低	中	中高	中高	高
	高	中	中	中高	高	高

22

國道案例—國2桃園機場端交流道



23

國道案例—國2桃園機場端交流道

■ 調適策略回饋到風險地圖指標修正

- 新闢機場聯外道路
  - ◆ 大週期(每年更新)：交通部路網數值圖更新後，回饋到計畫路網，修正替代道路數，回饋到脆弱度指標，降低風險等級
  - ◆ 小週期：利用今年度系統新增功能，評估指標資料數值修改功能，回饋指標調整意見，透過所內工作會議稽認修正回饋到風險地圖
- 排水設施改善
  - ◆ 大週期(每5年更新)：水利署淹水潛勢地圖每5年改版一次，回饋到計畫路網，修正淹水潛勢、危害度，降低風險等級
  - ◆ 小週期：利用今年度系統新增功能，評估指標資料數值修改功能，回饋指標調整意見，透過所內工作會議稽認修正回饋到風險地圖

24

省道案例—省道台9武塔141K+600

■ 屬性描述

- 路段類型：省道平面
- 產值：31 億元(2級分)
- 交通量：10,897 PCU(3級分)
- 替代道路數：0(5級分)
- 監測系統等級：危害度高無監測(5級分)
- 設施安全等級：5級分

危害矩陣		海水．坡災潛勢				
		低	中低	中	中高	高
脆弱度(含調適能力)	低			中低	中低	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中	中	中高	中高
	中高	中低	中	中高	中高	高
	高	中	中高	中高	高	高

■ 指標計算

- 脆弱度-潛在影響：AVG(產值, 交通量)= 2.5≒3(四捨五入)
- 脆弱度-預警應變能力：AVG(監測, 替代道路數)= 5
- 脆弱度：AVG(潛在影響, 預警應變能力)=4
- 坡災潛勢：現坡災潛勢200重現年(5級分)
- 暴露度：5級分
- 危害度：5級分
- 坡災風險：5級分

風險矩陣		危害度				
		低	中低	中	中高	高
脆弱度	低			中低	中	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中低	中	中高	中高
	中高	中低	中	中	中高	高
	高	中	中	中高	高	高

25

省道案例—省道台9武塔141K+600



26

省道案例—省道台9武塔141K+600

- 調適策略回饋到風險地圖指標修正
  - 邊坡改善
    - 大週期(每年更新)：邊坡改善後在公路總局邊坡分級提升回饋至SafeTaiwan，回饋到系統該路段設施安全性、風險地圖指標調整
    - 小週期：利用今年度系統新增功能，評估指標資料數值修改功能，回饋指標調整意見，透過所內工作會議確認修正回饋到風險地圖

27

風險評估試算

- 屬性描述
  - 路段類型：省道平面
  - 產值：297 億元(?級分)
  - 交通量：3萬 PCU (?級分)
  - 替代道路數：3 (?級分)
  - 監測系統等級：有(?級分)
  - 設施安全等級：3級分
- 指標計算
  - 脆弱度-潛在影響：AVG(產值, 交通量)= ?級分
  - 脆弱度-預警應變能力：AVG(監測, 替代道路數)= ?級分
  - 脆弱度：AVG(潛在影響, 預警應變能力)= ?級分
  - 淹水潛勢：現淹水潛勢200重現年(4級分)
  - 暴露度： ?級分
  - 危害度： ?級分
  - 淹水風險： ?級分

請將試算結果將?中數字填入會議問卷資料中，進行風險評估試算

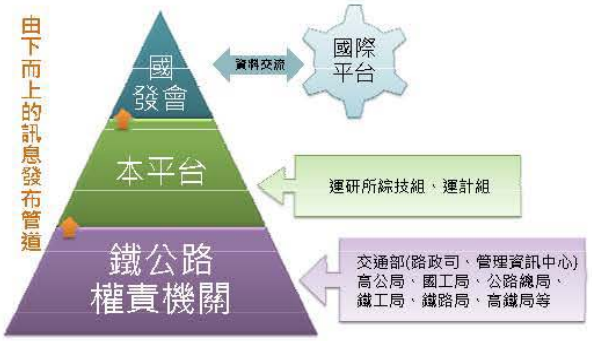
Q & A

5 鐵公路氣候變遷調適平台介紹

- 使用者界定
- 資訊平台功能架構
- 資訊平台功能
- 資訊平台操作說明
- 案例操作

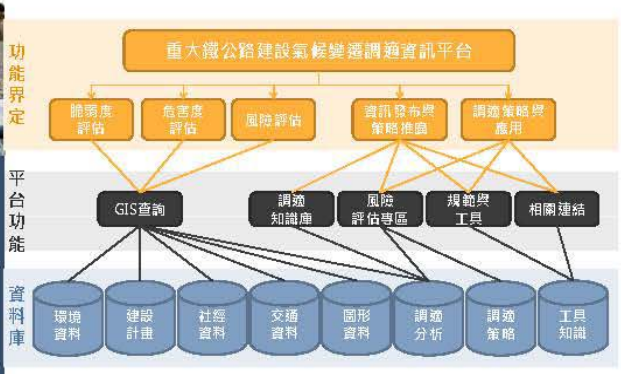
30

使用者界定



31

資訊平台功能架構



32

資訊平台功能



33

資訊平台操作說明-首頁



34

資訊平台操作說明-調適知識庫1/3



35

資訊平台操作說明-調適知識庫2/3



36

資訊平台操作說明-調適知識庫3/3



37

資訊平台操作說明-風險評估專區1/5

提供風險評估方法、管理機制說明、成果查詢

■ 風險評估專區>緣起



37

38

資訊平台操作說明-風險評估專區2/5

■ 風險評估專區>評估方法

- 情境背景說明與設定
- 研究範圍與對象
- 脆弱度
- 危害度
- 風險



39

資訊平台操作說明-風險評估專區3/5

■ 風險評估專區>風險管理機制

- 配合風險管理機制將再進行修正



39

40

資訊平台操作說明-風險評估專區4/5

■ 風險評估專區>報告書下載



41

資訊平台操作說明-風險評估專區5/5

■ 風險評估專區>成果查詢



42

資訊平台操作說明-GIS查詢 1/5

■ GIS查詢 採用TGOS API進行建置



42

43

資訊平台操作說明-GIS查詢2/5

●例1：觀察高鐵的坡地災害之風險評估



❶開啟「成果圖資(風險地圖)→高鐵→坡地災害→路段坡地災害2030~2039重現年200」
✓ 觀察成果圖資高鐵路段(紅色、橘色)為何處



❷用滑鼠滾輪或平台「放大」功能放大高鐵路段之圖資
❸點選「查詢」後，點選路段線條，可查看此路段之各項指標、脆弱度、風險值
✓ 查出高鐵之問題指標為何
✓ 數高的數值包含：社經-交通量5、社經-產值5、未來年脆弱度4、危害度-坡災5、風險-坡災-基年4、風險-坡災-未來年5

44

資訊平台操作說明-GIS查詢3/5



❹查看較高評估值之指標
指標圖資→脆弱度→社經影響程度→
✓產值：接近新竹科學園區，產值較高
✓高鐵未來乘客數(日)：板橋-臺中之乘客數較多



❺查看路段附近之人口分布
統計圖資→人口→鄉鎮市區→人口數
✓並無太多居住人口

45

資訊平台操作說明-GIS查詢4/5



❻查看路段附近之土地使用狀況
參考圖資→國土規劃→都市計畫圖
✓新竹科學工業園區特定區
✓寶山都市計畫



❼查看路段附近之土地使用狀況
參考圖資→相關計畫區位→
✓新興計畫區
✓興建
✓核定與預算編列
✓規劃

46

資訊平台操作說明-GIS查詢5/5

●例2：觀察國1南下344K+300之風險評估



❶按功能列「定位」
❷選取「里程」
❸篩選與設定條件
❹定位
❺關閉定位功能示圖



❻開啟「成果圖資(風險地圖)→國道→淹水潛勢→路段淹水潛勢基年重現年100」
❼點選「查詢」後，點選路段線條，可查看此路段之各項指標、脆弱度、風險值

47

資訊平台操作說明-規範與工具1/2

相關資料上傳與下載、下載支援工具

▸ 規範與工具>資訊發布規範

●新增上傳檔案



●查詢已上傳之資料，可篩選項目



48

資訊平台操作說明-規範與工具2/2

▸ 規範與工具>調適支援工具



49

資訊平台操作說明-相關連結

提供使用者覆尋其他單位資訊

- 相關連結



50

案例操作

- 請試著依下列條件找出該風險地圖
  - 套疊省道風險地圖未來年200重現年
  - 台9線
  - 141K+600
  - 查詢路段屬性

6 平台新功能(開發中)介紹

- 強化風險評估功能(使用者自選權重)
- 評估指標資料數值修改功能

52

強化風險評估功能

- 提供查詢選單讓使用者可以自行依決策需求，組合評估指標項目權重，進行風險評估分析，產出風險地圖
  - 搭配運輸系統別：臺鐵、高鐵、省道、快速公路、國道
  - 危害度：淹水、坡災
  - 脆弱度：潛在影響、設施條件
  - 潛在影響：產值、交通量
  - 預警應變能力：監測、替代道路

類別	項目	指標
危害度	淹水潛勢	淹水潛勢圖
	坡地災害潛勢	坡災潛勢圖
脆弱度	潛在影響(可選權重)	產值(可選權重)
		交通量(可選權重)
	預警應變能力(可選權重)	監測(可選權重)
		替代道路數(可選權重)

53

操作流程1

- 在成果圖資下新增自訂權重



54

操作流程2

- 跳出權重選單，選擇後執行
  - 運輸系統：臺鐵、高鐵、省道、快速公路、國道選擇其1
  - 危害度：淹水、坡災選擇其1
  - 潛在影響~替代道路數：高中低選其1
  - 限制：
    - 潛在影響、設施條件：其1為高另一則為低；為中時兩者皆中
    - 產值、交通量：其1為高另一則為低；為中時兩者皆中
    - 監測、替代道路數：其1為高另一則為低；為中時兩者皆中



55

操作流程3

- 套疊對應圖資於圖台



56

評估指標資料數值修改功能

- 當設施主管單位認為某路段指標評分不合理時，可提出建議調整數值，並說明調整原因
  - 操作情境1：使用者已選擇某圖資
  - 操作情境2：使用者未選擇

57

情境1_操作流程1

- 使用者點選成果圖資
- 點選 圖樣，在圖台上點選某路段
- 系統帶出該路段屬性，使用者覺得有需要修改
- 點選 圖樣



58

情境1&2_操作流程2

- 跳出指標修改填寫表單
- 帶入操作流程1中使用者所選路段資訊
- 情境2則帶入「請選擇」
- 使用者選擇不同路段里程須重新帶出該路段屬性



59

情境1&2_操作流程3

- 送出後顯示報表供使用者查看提出哪些路段
- 數值有變動部分標註紅色



意見回饋

提供您寶貴的意見與建議，寫入問卷中!

如需要特別釐清說明，請勾選請再聯繫

十二、會議資料(鐵路)

交通部運輸研究所

~ 氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫

2016/06/17

氣候變遷運輸設施風險評估暨調適資訊平台推廣會



鼎漢國際工程顧問股份有限公司

2

推廣會議程—鐵路場次

時間	主題	內容說明
13:50–14:00	鐵路場次報到	
14:00–14:40	計畫概要說明	解說計畫緣起與辦理目的。
	氣候調適名詞定義	解說氣候調適重要名詞暴露度、脆弱度、危害度、風險、重現年。
	風險評估方法	1.解說風險地圖計算過程 2.不同設施元件(平面、橋梁、隧道)計算差異。
	風險評估試算	以實際案例套用風險評估方法進行計算。
14:40–15:00	Q & A	
15:00–15:15	休息	
15:15–16:15	鐵公路氣候變遷調適資訊平台介紹	1.平台功能操作說明(含案例操作及試題教學) 2.開發中功能介紹(指標檔重)
16:15–16:30	意見回饋	



1 計畫概要說明



4

計畫目的

背景

- 101/6/25行政院核定國發會「國家氣候變遷調適政策綱領」界定8大領域，交通屬維生基礎設施，需建立建立風險評估機制與資訊平台
- 本所104年已完成鐵公路脆弱及危害度分析、大尺度風險地圖及調適平台建置，可檢視不同氣候情境設施風險熱點與成因
- 完備評估方法與指標(如：設施安全性)
- 並強化脆弱度及風險分析功能，支援鐵公路主管機關氣候變遷因應之決策分析

目的

- 提供主管機關充分客觀資訊，檢視運輸系統於氣候變遷風險熱點成因，研提有效之調適措施
- 作為運輸部門相關機關研提調適行動計畫之依據



5

研究範圍與對象

研究範圍

- 國道、省道、快速公路、高鐵、臺鐵(不含支線)
- 基年(1980~1999年)、未來(2020~2039年)之50、100、200重現年
- 風險、脆弱度(社經發展程度、運輸設施現有能力、危害度(坡災、淹水)

資訊服務對象

- 運研所綜技組、運計組、交通部路政司與管理資訊中心、高公局、國工局、公路總局、鐵工局、臺鐵局、高鐵局、高鐵公司
- 運輸設施脆弱度評估、危害度評估、風險評估、調適資訊發佈與策略推廣、交通部所屬單位研究資訊交流





6

氣候變遷的影響

氣候變遷現象

- 氣溫上升
- 降雨型態改變
- 極端氣候事件
- 海平面上升

→ 嚴重者將導致

直接衝擊

鐵公路中斷等災害

- 強降雨引發土石流
- 莫拉克颱風之八八風災
- 梅姬颱風之蘇花公路災害
- 交流道或平面道路等處淹水

間接造成...

- 人民生命財產與經濟的損失



5/16 台鐵鶯歌桃園停駛



5/30 台9線141.6K武塔坍方

7

氣候變遷調適作為

「國家氣候變遷調適政策綱領」

氣候變遷之衝擊與八大調適領域

- 氣溫上升
- 降雨型態改變
- 極端氣候
- 海平面上升

- 災害
- 維生基礎設施
- 水資源
- 土地使用
- 海岸
- 能源供給及產業
- 農業生產及生物多樣性
- 健康

「調適策略：建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式」

- 建立風險評估機制
- 建置氣候變遷調適資訊平台

8

運輸部門優先調適計畫

16項優先行動計畫(102-106)

調適策略	計畫名稱	主辦機關
既有法令與相關規範之落實與檢討修訂	訂定「鐵路橋梁耐震設計性能規範(草案)」	高鐵局
建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式	重大國公路隧設氣候變遷調適策略、脆弱度評估及調適資訊平台之研究	運研所
擬定落實維生基礎設施分等級之開發與營建原則	公路分等級開發及營建之評估及建設準則	公路總局
落實維生基礎設施維修養護	國道高速公路邊坡監測與補強計畫	高公局
加強各管理機關間協調機制與產業、學術界資源之整合	公路防救災資訊系統維護管理及功能擴充服務	公路總局
建置維生基礎設施營運管理資料庫及強化監測作業	建置鐵路邊坡管理系統 (納入「鐵路行車安全改善六年計畫」辦理)	臺鐵局
	邊坡維護管理系統計畫及地質調查	公路總局

加強規範　評估機制　加強監測　邊坡管理

2 氣候調適名詞定義

10

氣候調適名詞定義

- 暴露度(設施安全性-橋梁管理系統、邊坡分級)
  - 本身的狀態易受危害影響，而且已經暴露在危害的威脅之下
- 脆弱度(潛在影響-產值、交通量；預警應變能力-替代道路、監測)
  - 係指易受到不利影響的傾向與素質，包括對於損害的敏感與感受性以及缺乏應對或適應的能力
- 危害度(淹水、坡災潛勢)
  - 氣候變遷引起之災害對交通建設產生衝擊之失能機率或程度
- 風險(淹水、坡災)
  - 氣候變遷衝擊對交通設施未來可能損害或損失的程度
- 重現年(重現期距)
  - 事件發生頻率，如100重現年為該事件每年發生機率為1%
- 淹水潛勢(水利署96年版第二代)
  - 先依地形資料分成上游山區逕流模擬區域及平地淹水模擬區域，再利用淹水模式模擬在某種降雨條件下的淹水潛勢。淹水模式則採由山區逕流模式、都市雨水下水道排水模式及二維漫地流淹水模式（含抽水站操作）等3個模式組成
- 坡災潛勢(中興引用地調所資料模擬)
  - 模擬因強降雨引致之邊坡崩塌機率，變數含坡度、坡向、地形、雨量等。

3 風險評估方法

12

風險評估方法(104年版)

- 風險 = f(危害度, 脆弱度)
  - 風險：氣候變遷對交通設施未來可能損害或損失的程度
  - 危害度：氣候變遷引起的災害(探討坡災與淹水危害)對交通設施產生衝擊失能機率或程度
  - 脆弱度：交通設施受氣候變遷負面影響的傾向與本質，包括敏感性、容易受災特性，以及目前應付與適應的能力



- ✓設施坡災風險 = f(坡災危害, 設施脆弱度)
- ✓設施淹水風險 = f(淹水危害, 設施脆弱度)
- ✓設施脆 弱 度 = 平均(社經影響程度, 運輸設施的現有能力)
- ✓社經影響程度 = 平均(交通量, 產值)
- ✓運輸設施能力 = 平均(橋梁結構安全性, 監測系統, 替代道路)

13

風險評估方法(105年版)

危害矩陣		淹水、坡災潛勢				
		低	中低	中	中高	高
暴露度(設施安全)	低			中低	中低	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中	中	中高	中高
	中高	中低	中	中高	中高	高
	高	中	中高	中高	高	高

篩選中高級別以上危害度路段，進行風險評估

■篩選中高級別以上風險路段，作為調適實施重點
■風險地圖僅呈現高(紅)、中高(黃)、非高風險路段(綠)
■分基年、未來年、試作維生設施在基年等三類分析情境

■評估範圍

鐵公路設施：國道、省道、快速公路、高鐵、臺鐵
維生基礎設施：能源、供水、通訊、港口、機場、車站。本期以核二廠、桃機、台鐵富岡機廠為例

■氣候情境

- 基年(1980~1999)、未來(2020~2039)之50、100、200重現年共六項情境

風險矩陣		危害度				
		低	中低	中	中高	高
脆弱度	低			中低	中	中高
	中低		中低	中	中	中高
	中	中低	中低	中	中高	中高
	中高	中低	中	中	中高	高
	高	中	中	中高	高	高

14

淹水危害度

- 採用經濟部水利署於民國96年所製作之第二代淹水潛勢圖
- 未來淹水潛勢部分，水利署尚無氣候變遷下全台淹水潛勢圖



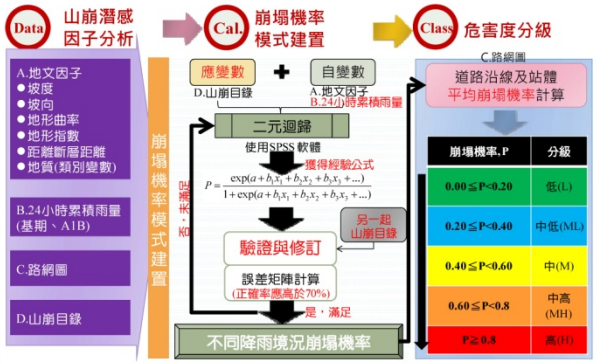


- 未來重現年50年淹水潛勢部分，採用現況重現年100年的淹水潛勢圖
- 未來重現年100年淹水潛勢部分，採用現況重現年200年的淹水潛勢圖
- 未來重現年200年淹水潛勢部分，採用現況重現年500年的淹水潛勢圖

北部地區	基期/50T	基期/100T	基期/200T
降雨量	647.029	731.201	825.8
北部地區	未來/50T	未來/100T	未來/200T
降雨量	793.8	838.5	934.9

15

坡災危害度



16

不同設施元件計算差異(1/4)

■基礎底圖

運輸系統	國道	省道	快速公路	臺鐵	高鐵
路段切分	100m	500m	100m	100m	250m
元件	平面、平面高架、河川橋、隧道、車行地下道				
里程格式	69K+700			K69+700	69K+750

*交流道、明隧道視為平面

■危害度(淹水/坡災)

- 淹水：重點監控橋梁5級分，其餘橋梁隧道1級分，車行地下道淹水潛勢等級統一提高一級，平面依淹水潛勢圖分級
- 坡災：套疊無邊坡1級分，隧道、車行地下道1級分，平面、橋梁依坡災潛勢分級

淹水深度D(m)	分級	分數
0.00≦D<0.30	低(L)	1
0.30≦D<1.0	中(M)	3
1.0≦D<	高(H)	5

坡災機率分級

0.0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
低	中低	中	中高	高

17

不同設施元件計算差異(2/4)

■暴露度(設施安全性) ※無資料以空格表示，給予中間值評分

設施元件	淹水(資料來源/計算方式)		坡災(資料來源/計算方式)	
平面		統一3級分	邊坡分級	分級距
平面高架	橋管系統PI	分級距	邊坡分級	分級距
河川橋	橋管系統PI	分級距		統一3級分
隧道		統一3級分		統一3級分
車行地下道		統一3級分		統一3級分

橋管系統PI值	指標
80分以下	高(5)
80~90	中高(4)
90~100	中(3)

邊坡分級	指標
A(危險)	高(5)
B(稍微危險)	中高(4)
C(較安全)	中低(2)
D(安全)	低(1)

18

不同設施元件計算差異(3/4)

■脆弱度-預警應變能力-監測

- 中低危害度以下統一給予1分，中以上依有無加減分
- 淹水-水位計、雨量計、CCTV(八掌溪)、雨量站(水利署、氣象局)-範圍10km
- 坡災-傾斜儀、地錨、CCTV(臺鐵南迴)-依邊坡區段
- 重點監控路段視為有監測

危害等級 / 監測	危害度低	危害度中低	危害度中	危害度中高	危害度高
有監測	1	1	2	3	4
無監測	1	1	3	4	5

■脆弱度-預警應變能力-替代道路

等級	高鐵	臺鐵	國道及快速公路	省道
高(5)	≦5	≦2	≦1	≦1
中高(4)	5<X≦8	2<X≦4	1<X≦3	1<X≦3
中(3)	8<X≦10	4<X≦7	3<X≦5	3<X≦5
中低(2)	10<X≦13	7<X≦10	5<X≦8	5<X≦8
低(1)	>13	>10	>8	>8

19

不同設施元件計算差異(4/4)

■ 脆弱度-潛在影響程度-產值

等級	產值範圍(億元)
高(5)	>=2,000
中高(4)	500-<2,000
中(3)	60-<500
中低(2)	6-<60
低(1)	0-<6

■ 脆弱度-潛在影響程度-交通量

等級	高鐵站周日搭乘人數	臺鐵站周日搭乘人數	國道日交通量(PCU)	快速公路日交通量(PCU)	省道日交通量(PCU)
高(5)	7萬以上	5萬以上	10萬以上	10萬以上	10萬以上
中高(4)	5-7萬	2.5萬-5萬	5萬-10萬	5萬-10萬	2.5萬-10萬
中(3)	3-5萬	1.5萬-2.5萬	2.5萬-5萬	2.5萬-5萬	1萬-2.5萬
中低(2)	1-3萬	5千-1.5萬	1萬-2.5萬	1萬-2.5萬	5千-1萬
低(1)	1萬以下	5千以下	1萬以下	1萬以下	5千以下



4 風險評估試算

案例：臺鐵鶯歌到桃園路段

案例：高鐵桃園站周邊

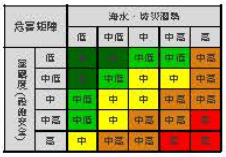
試算：假設某路段情境進行試算

21

臺鐵案例—臺鐵鶯歌到桃園路段

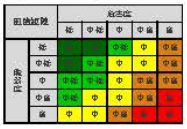
■ 屬性描述

- 路段類型：臺鐵平面
- 產值：6,922 億元(5級分)
- 站間乘客數：104,170 (5級分)
- 替代道路數：13(1級分)
- 監測系統等級：危害度中無監測(3級分)
- 設施安全等級：3級分



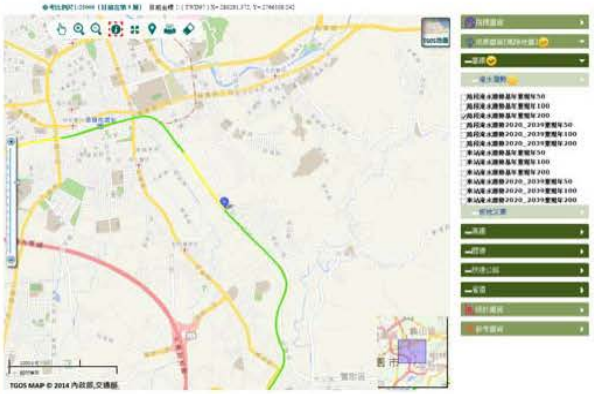
■ 指標計算

- 脆弱度-潛在影響：AVG(產值, 交通量)= 5
- 脆弱度-預警應變能力：AVG(監測, 替代道路數)= 2
- 脆弱度：AVG(潛在影響, 預警應變能力)=3.5 ≒4(四捨五入)
- 淹水潛勢：現淹水潛勢200重現年(3級分)
- 暴露度：3級分
- 危害度：3級分
- 淹水風險：3級分



22

臺鐵案例—臺鐵鶯歌到桃園路段



23

臺鐵案例—臺鐵鶯歌到桃園路段

■ 調適策略回饋到風險地圖指標修正

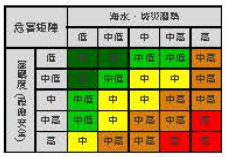
- 區域排水改善
  - ◆ 大週期(每5年更新)：水利署淹水潛勢地圖每5年改版一次，回饋到計畫路網，修正淹水潛勢、危害度，降低風險等級
  - ◆ 小週期：利用今年度系統新增功能，評估指標資料數值修改功能，回饋指標調整意見，透過所內工作會議確認修正回饋到風險地圖
- 加強監測系統
  - ◆ 大週期(每年更新)：增設雨量計或對排水渠道監控，回饋監測設備點位，修正到監測設施指標。
  - ◆ 小週期：利用今年度系統新增功能，評估指標資料數值修改功能，回饋指標調整意見，透過所內工作會議確認修正回饋到風險地圖

24

高鐵案例—高鐵桃園站周邊

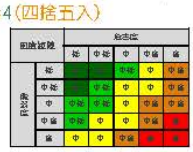
■ 屬性描述

- 路段類型：高鐵車站
- 產值：2,010 億元(5級分)
- 站間乘客數：77,800 (5級分)
- 替代道路數：18(1級分)
- 監測系統等級：危害度中有監測(2級分)
- 設施安全等級：3級分



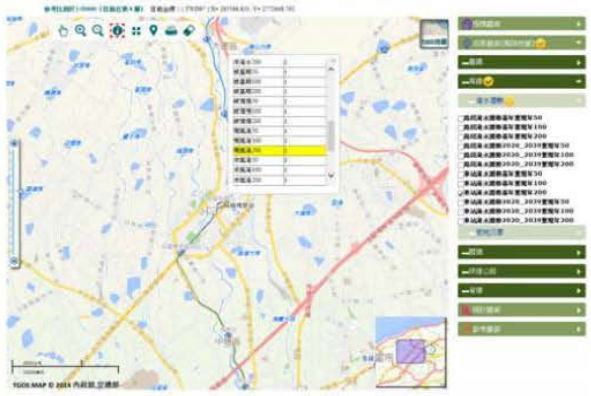
■ 指標計算

- 脆弱度-潛在影響：AVG(產值, 交通量)= 5
- 脆弱度-預警應變能力：AVG(監測, 替代道路數)= 1.5 ≒2(四捨五入)
- 脆弱度：AVG(潛在影響, 預警應變能力)=3.5 ≒4(四捨五入)
- 淹水潛勢：現淹水潛勢200重現年(3級分)
- 暴露度：3級分
- 危害度：3級分
- 淹水風險：3級分



25

高鐵案例—高鐵桃園站周邊



26

高鐵案例—高鐵桃園站周邊

- 調適策略回饋到風險地圖指標修正
  - 區域排水改善
    - 大週期(每5年更新)：水利署淹水潛勢地圖每5年改版一次，回饋到計畫路網，修正淹水潛勢、危害度，降低風險等級
    - 小週期：利用今年度系統新增功能，評估指標資料數值修改功能，回饋指標調整意見，透過所內工作會議確認修正回饋到風險地圖
  - 提出設施安全指標建議
    - 因目前對於設施安全性除橋梁管理系統、邊坡分級路段，其餘路段或車站尚無評分依據，故統一給予中間值，如設施主管單位可提供參考依據，將可對該指標進行調整

27

風險評估試算

- 屬性描述
  - 路段類型：臺鐵平面
  - 產值：297 億元(?級分)
  - 站間乘客數：3萬 人次 (?級分)
  - 替代道路數：6 (?級分)
  - 監測系統等級：有(?級分)
  - 設施安全等級：3級分
- 指標計算
  - 脆弱度-潛在影響：AVG(產值, 交通量)= ?級分
  - 脆弱度-預警應變能力：AVG(監測, 替代道路數)= ?級分
  - 脆弱度：AVG(潛在影響, 預警應變能力)= ?級分
  - 淹水潛勢：現淹水潛勢200重現年(4級分)
  - 暴露度： ?級分
  - 危害度： ?級分
  - 淹水風險： ?級分

請將試算結果將?中數字填入會議問卷資料中，進行風險評估試算

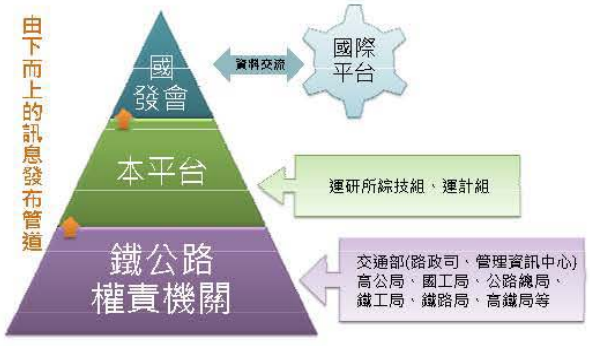
Q & A

5 鐵公路氣候變遷調適平台介紹

- 使用者界定
- 資訊平台功能架構
- 資訊平台功能
- 資訊平台操作說明
- 案例操作

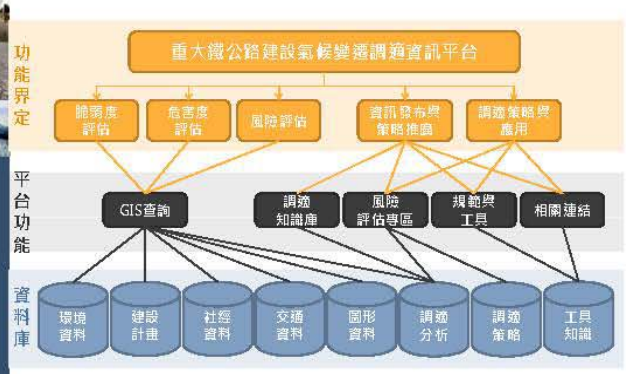
30

使用者界定



31

資訊平台功能架構



32

資訊平台功能



33

資訊平台操作說明-首頁



34

資訊平台操作說明-調適知識庫1/3

提供各單位調適相關資訊、預留整合國發會平台資訊

- 調適知識庫>政策資訊
  - 國家政策
  - 行動計畫



35

資訊平台操作說明-調適知識庫2/3

- 調適知識庫>地方資訊
  - 地方調適指引
  - 縣市調適計畫



36

資訊平台操作說明-調適知識庫3/3

- 調適知識庫>交通調適資訊
  - 國內資訊
  - 國外資訊



37

資訊平台操作說明-風險評估專區1/5

提供風險評估方法、管理機制說明、成果查詢

■ 風險評估專區>緣起



37

38

資訊平台操作說明-風險評估專區2/5

■ 風險評估專區>評估方法

- 情境背景說明與設定
- 研究範圍與對象
- 脆弱度
- 危害度
- 風險



39

資訊平台操作說明-風險評估專區3/5

■ 風險評估專區>風險管理機制

- 配合風險管理機制將再進行修正



39

40

資訊平台操作說明-風險評估專區4/5

■ 風險評估專區>報告書下載



41

資訊平台操作說明-風險評估專區5/5

■ 風險評估專區>成果查詢



41

42

資訊平台操作說明-GIS查詢 1/5

■ GIS查詢 採用TGOS API進行建置



42

43

資訊平台操作說明-GIS查詢2/5

●例1：觀察高鐵的坡地災害之風險評估



❶開啟「成果圖資(風險地圖)→高鐵→坡地災害→路段坡地災害2020~2039重現年200」
✓ 觀察成果圖資顯示路段(紅色、橘色)為何處



❷用滑鼠滾輪或平台「放大」功能放大顯示路段之圖資
❸點選「查詢」後，點選路段線條，可查看此路段之各項指標、脆弱度、風險值
✓ 查出顯示之問題指標為何
✓ 數高的數值包含：
社經-交通量5、社經-產值5、未來年脆弱度4、危害度-坡災5、風險-坡災-基年4、風險-坡災-未來年5

44

資訊平台操作說明-GIS查詢3/5



❹查看較高評估值之指標
指標圖資→脆弱度→社經影響程度→
✓產值：鄰近新竹科學園區，產值較高
✓高鐵未來乘客數(日)：板橋-臺中之乘客數較多



❺查看路段附近之人口分布
統計圖資→人口→鄉鎮市區→人口數
✓並無太多居住人口

45

資訊平台操作說明-GIS查詢4/5



❻查看路段附近之土地使用狀況
參考圖資→國土規劃→都市計畫圖
✓新竹科學工業園區特定區
✓竹山都市計畫



❼查看路段附近之土地使用狀況
參考圖資→相關計畫區位→
✓新興計畫區
✓興建
✓核定興預算編列
✓規劃

46

資訊平台操作說明-GIS查詢5/5

●例2：觀察國1南下344K+300之風險評估



❶按功能列「定位」
❷選取「里程」
❸篩選開設定條件
❹定位
❺關閉定位功能示窗



❻開啟「成果圖資(風險地圖)→國道→淹水潛勢→路段淹水潛勢基年重現年100」
❼點選「查詢」後，點選路段線條，可查看此路段之各項指標、脆弱度、風險值

47

資訊平台操作說明-規範與工具1/2

相關資料上傳與下載、下載支援工具

規範與工具>資訊發布規範

●新增上傳檔案



●查詢已上傳之資料，可篩選項目



✓上傳單位：全部、管理者、部屬機關
✓檔案類別：全部、規範、準則、策略

48

資訊平台操作說明-規範與工具2/2

規範與工具>調適支援工具



索取調適支援工具之說明與項目
✓下載操作手冊

49

資訊平台操作說明-相關連結

提供使用者瀏覽其他單位資訊

- 相關連結



50

案例操作

- 請試著依下列條件找出該風險地圖
  - 套疊臺鐵風險地圖未來年200重現年
  - 縱貫線
  - 55K
  - 查詢路段屬性

6 平台新功能(開發中)介紹

- 強化風險評估功能(使用者自選權重)
- 評估指標資料數值修改功能

52

強化風險評估功能

- 提供查詢選單讓使用者可以自行依決策需求，組合評估指標項目權重，進行風險評估分析，產出風險地圖
  - 搭配運輸系統別：臺鐵、高鐵、省道、快速公路、國道
  - 危害度：淹水、坡災
  - 脆弱度：潛在影響、設施條件
  - 潛在影響：產值、交通量
  - 預警應變能力：監測、替代道路

類別	項目	指標
危害度	淹水潛勢	淹水潛勢圖
	坡地災害潛勢	坡災潛勢圖
脆弱度	潛在影響(可選權重)	產值(可選權重)
		交通量(可選權重)
	預警應變能力(可選權重)	監測(可選權重)
		替代道路數(可選權重)

53

操作流程1

- 在成果圖資下新增自訂權重



54

操作流程2

- 跳出權重選單，選擇後執行
  - 運輸系統：臺鐵、高鐵、省道、快速公路、國道選擇其1
  - 危害度：淹水、坡災選擇其1
  - 潛在影響`替代道路數：高中低選其1
  - 限制：
    - 潛在影響、設施條件：其1為高另一則為低；為中時兩者皆中
    - 產值、交通量：其1為高另一則為低；為中時兩者皆中
    - 監測、替代道路數：其1為高另一則為低；為中時兩者皆中



55

操作流程3

- 套疊對應圖資於圖台



56

評估指標資料數值修改功能

- 當設施主管單位認為某路段指標評分不合理時，可提出建議調整數值，並說明調整原因
  - 操作情境1：使用者已選擇某圖資
  - 操作情境2：使用者未選擇

57

情境1_操作流程1

- 使用者點選成果圖資
- 點選 圖樣，在圖台上點選某路段
- 系統帶出該路段屬性，使用者覺得有需要修改
- 點選 圖樣



58

情境1&2_操作流程2

- 跳出指標修改填寫表單
- 帶入操作流程1中使用者所選路段資訊
- 情境2則帶入「請選擇」
- 使用者選擇不同路段里程須重新帶出該路段屬性



59

情境1&2_操作流程3

- 送出後顯示報表供使用者查看提出哪些路段
- 數值有變動部分標註紅色



意見回饋

提供您寶貴的意見與建議，寫入問卷中!

如需要特別釐清說明，請勾選請再聯繫

十三、簽到記錄

交通部運輸研究所「氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」推廣會_簽到單

「鐵公路氣候變遷調適資訊平台」推廣訓練

一、時　　間：105 年 6 月 17 日(星期五)

(一)公路場次(國道、快速公路、省道)：9 時 20 分至 12 時

(二)鐵路場次(臺鐵、高鐵)：13 時 50 分至 16 時 30 分

二、地　　點：本所 6 樓電腦教室(臺北市松山區敦化北路 240 號)

三、公路場次簽到記錄

服務機關	服務單位	職稱	姓名	簽到
交通部公路總局	防災中心 第一分組	幫工程司	徐世軒	徐世軒
交通部公路總局	第二區 養護工程處	幫工程司	鄭安順	鄭安順
交通部公路總局	第四區養護工程 處防災中心	助理工務員	謝岷宜	謝岷宜
交通部公路總局	西濱中工處	工務員	許程凱	許程凱
交通部公路總局	第四區 養護工程處	工務員	趙駿穎	趙駿穎
交通部公路總局	資訊室	工務員	戴鎮原	戴鎮原
交通部公路總局	規劃組	工務員	林宥辰	林宥辰
高公局	工務組	工程員	魏佳韻	魏佳韻
高公局	工務組	幫工程司	李人豪	李人豪
國道新建工程局	規劃組	副工程司	莊益賓	莊益賓
運研所	綜技組			張姿文
〃	〃			朱淑芸
〃	〃			陳怡妃

「鐵公路氣候變遷調適資訊平台」推廣訓練

一、時　　間：105 年 6 月 17 日(星期五)

(一)公路場次(國道、快速公路、省道)：9 時 20 分至 12 時

(二)鐵路場次(臺鐵、高鐵)：13 時 50 分至 16 時 30 分

二、地　　點：本所 6 樓電腦教室(臺北市松山區敦化北路 240 號)

三、鐵路場次簽到記錄

服務機關	服務單位	職稱	姓名	簽到
高鐵公司		黃鴻博		黃鴻博
高鐵公司	鐵路營運處 營運安全室	謝和修	專員	
高鐵公司		陳淑英	專業工程師	陳淑英
高鐵公司	鐵路營運處 營運安全室	蘇文傑	經理	
高鐵局	第一組第五科	江羿寬	專業助理	江羿寬
高鐵局	第六組第三科	紀尚詮		紀尚詮
高鐵局	第二組二科	高嘉莉	副工程司	高嘉莉
高鐵局	第三組	蔡宜展	幫工程司	蔡宜展
臺鐵局	工務處橋隧科	陳全佑	助理工務員	陳全佑
臺鐵局	工務處橋隧科	王勝霖	工務員	
鐵工局	規劃組	鄭佳邦	副工程司	鄭佳邦
鐵工局		李龍仁	技術員	李龍仁
鐵工局	工務組	黃士銘	工程司	黃士銘
運研所	綜技組			張耿文
〃	〃			陳怡妃

附 5.2 專家學者座談會

於 9 月 21 日辦理專家學者座談會，辦理過程與記錄說明如下。

一、會議：「氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」專家學者座談會

二、時間：民國 105 年 9 月 21 日(星期三) 14 時 00 分

二、地點：運研所 10 樓會議室

四、主席：張瓊文組長、胡以琴技術長

五、出席名單：如後簽到表所示。

六、議程：

時間	內容
14:00-14:20	簡報
14:20-15:30	討論
15:30-16:00	結論與散會

七、意見辦理情形：

出席人員意見	辦理情形說明
交通大學 馮正民教授	
(一) 潛在影響程度指標維持考量產值、交通量，對於未納入人口之原因建議於後續報告中詳加說明。	納入期末報告補充說明。考量產值與人口在社經資料上具有一定相關性，倘同時納入易放大社經指標的影響，爰經評估暫不納入。
(二) 對於評估指標之意涵及定義，如交通量可能隱含發生災害時的延遲時間或可能傷亡人數，替代道路數之界定，以及產值分級依據等，均應於報告中說明清楚。	納入期末報告辦理。以交通量為例，其指標分級方式係考量原始資料離散程度，排序後以最高和最低 15%給予 5 級分與 1 級分，餘資料均分為 3 等級。
(三) 簡報中調適案例風險評估等級之變化，建議輔以說明計算過程，以利瞭解。	納入期末報告修正。

出席人員意見	辦理情形說明
公路總局 陳進發副總工程司	
(一) 「公路邊坡大地工程設施維護與管理規範」對於「監測」有明確定義，本計畫所採之監測指標建議納入考量有無預警應變機制。	納入期末報告修正。針對監測指標除考量監測系統外，已調整納入鐵公路管理機關實務災害應預警變機制。
(二) 請補充說明替代道路數之計算方法。以蘇花公路為例，南迴或台 8 線是否視為替代道路，如視為替代是否合理?	本計畫替代道路分析方法係以每個路段單元服務範圍內是否有其他可供進出之同道路等級之道路作為判斷。其中，國道服務半徑為 5 公里、省道為 2.5 公里、高鐵為 25 公里、臺鐵則為 2.5 公里。爰此，台 8 線或南迴公路並非皆屬台 9 全線之替代道路，係依分析路段服務範圍內是否涵蓋其他同道路等級之替代道路。
(三) 橋梁管理在公路總局有進行 A~F 級分級管理，可作為橋梁設施安全評定參考。	本計畫在指標資料選擇上，除考量資料需具有一定的指標義意外，亦優先以各元件皆具有之資料作為考量，以利客觀分析評估系統風險熱點。爰此，本計畫以鐵公路設計標準(規範)重大修定時點，對照鐵公路興(改)建年份，作為設施安全性分級標準。
(四) 水利署除了淹水潛勢圖外，另有「行動水情 APP」開放民眾通報更新，團隊可依實際需求參考。	「行動水情 APP」係屬即時之雨量、淹水、水庫、氣象等水利相關資訊，主要係提供雨天防災用途，與本研究針對未來氣候情境之風險評估性質不同，爰經評估暫不納入。
(五) 莫蘭蒂颱風在台 17 淹水路段地點為佳冬羌園 264~265K 一公里範圍內與大鵬灣 258~261K。其主要係因處地勢低窪，且適逢大潮，屬外水問題較無法進行區域排水改善，只能做防災管理，無法透過工程手段改善。	納入期末報告修正，後續案例選擇已補強瞭解事件造成主因，並請設施管理機關確認擇定案例之適宜性。
(六) 針對淹水風險之設施安全指標中，建議非僅以興建或改善之年期作為分類。建議團隊可參考水利署易淹水治理計畫內容，作為淹水風險設施安全指標內容。	本計畫針對設施本身所處之環境區位以及元件(如：隧道、地下道、高架或平面段)在對於災害之影響程度，係以危害度呈現。考量鐵公路設施若已於淹水治理計畫中改善淹水情形，在本計畫危害度中即可反映，為避免重複考量，爰不作為淹

出席人員意見	辦理情形說明
	水風險設施安全指標。
(七) 簡報中所舉之案例，建議審慎掌握其災害原因是否與氣候變遷有關，以及管理機關後續實際之改善作為。	納入期末報告修正。本計畫後續案例選擇已補強瞭解事件造成主因，並請設施管理機關確認擇定案例之適宜性。
鐵路改建工程局 王武俊副總工程司	
(一) 本計畫研究目的若係提供鐵公路管理機關興建改善工程前之評估，建議在關鍵指標等級分類上可採較嚴格之標準。	計畫目的主要係為提供鐵公路管理主管機關掌握氣候變遷風險熱點，並作為研擬調適措施之參據。對於指標選擇上，主要係考量資料所代表意義以及完整性，等級標準則考量管理機關實務情形(如：軌道或路面淹水高度與列車或車輛是否能夠通行之關係)予以合理劃分等級。
(二) 同一淹水高度在鐵路與公路上有影響程度上之差異，以軌道而言水淹到路基時列車會採取慢行，淹到軌面則停駛。	納入期末報報修正。本計畫已考量軌道鋪設高程以及列車停駛機制，調整臺鐵淹水危害之分級方式。
(三) 鐵路施工標準並非完全在鐵路法修正後才調整，鐵路耐震規則、鐵路修建養護規則也可納入考量，對於電氣化專案也可視為一個區分時點。	納入期末報報修正。有關鐵路設施安全性指標已檢視鐵路修建養護規則修訂內容以及電氣化計畫等時點，作為鐵路設施安全性指標分級之標準。
鐵路管理局 葉年中股長	
(一) 由於部分路段所在區位本身環境條件就比較好，部分路段(如南迴)所在區域環境條件本身就較危險，倘以設施興建或改善施工年份作為設施安全指標，恐無法反映真實情形。	本計畫於危害度中已考量設施所在區位、環境本質條件上，對於氣候災害衝擊的影響程度。為避免指標資料重複使用，爰在設施安全性指標中採用其他適宜之指標評估資料。
(二) 臺鐵局對於豪大雨的預警機制，在「交通部臺灣鐵路管理局豪雨時期路線巡查及列車運轉處理要點」中有完整規定。	納入期末報報修正。本計畫已檢視該要點規定內容並檢討臺鐵淹水危害等級分級標準。
(三) 以軌道淹水風險而言，若能以路基高程加上鋼軌高度，再搭配淹水潛勢，則評估結果可更為精準。	由於臺鐵全線高程尚未全面數值化為 GIS 格式，爰現階段暫無法納入。惟為使評估結果更符實務應用，本計畫已考量軌道基礎設施高程，以

出席人員意見	辦理情形說明
	及列車實務對於不同淹水高度之停駛機制，重新給予淹水危害等級。
(四) 臺鐵目前路段監測裝置僅連接至行車系統，需再以人員判讀後行動。因此只能做到離災，而非防災，對於是否適合納入設施調適能力可再評估。	有關監測指標部份，本計畫已考量鐵公路管理機關災害預警機制以及實務監測設施應用情形，作為該指標分級依據。
國家災害防救科技中心 陳永明組長	
(一) 針對氣候變遷的情境論述可再補強，因淹水潛勢僅提供在多少雨量下的淹水高度情況，但並未能夠說明這樣的降雨量未來發生的機率為何。	本計畫係以現況(1980-)雨量重現期 50、100、200 年以及未來(2020-2039 年)氣候變遷 A1B 情境重現期 50、100、200 年做為 6 種分析情境，爰在重現年中已代表各雨量之發生機率。有關不同情境雨量與重現期的關係，納入期末報告補充說明。
(二) 不同運輸系統是否有不同之評估指標門檻？評估結果建議採不同運輸系統各自有不同風險地圖之呈現方式。	本計畫針對鐵公路系統風險評估相關指標之門檻，已考量其本身特性訂有不同之等級門檻值(如：脆弱度運量等級、替代道路數等)，最後產出不同系統之風險地圖。
(三) 災害影響的經濟損失或人口，一般多做為暴露量，惟本計畫將其納入脆弱度，是否容易解釋，建議團隊可再思考。	考量運輸系統主要係為提供人及貨物之輸運、運送之服務，爰此本計畫在脆弱度指標綜合考量設施潛在影響程度及設施調適能力。其中，設施潛在影響程度，係以路段交通量及產值做為評估資料，主要目的係為呈現該路段受到氣候衝擊的敏感程度。
(四)危害度中的設施型式和安全評估指標是否可合併放於脆弱度？因氣候變遷風險評估中的危害，通常就是指與氣候相關的因素。	本計畫為使研究成果更能提供鐵公路主管機關實務應用，於研究過程中多次與鐵公路管理機關進行意見溝通及回饋。為強化呈現鐵公路設施本身條件在氣候變遷影響下之衝擊程度，如：淹水對於地下段之影響程度大於高架段，爰在危害度中除考量災害潛勢外亦納入設施形式，至於脆弱度部分，則另以鐵公路設計標準(規範)重大修定時點，對照鐵公路興(改)建年份，作為設施安全性分級標準。
(五) 監測設施設置的數量及型式，實	納入期末報告修正。本計畫已考量

出席人員意見	辦理情形說明
務上多是綜合考量很多層面後所做的決定。本計畫以監測設施代表調適能力，建議再審慎評估。	鐵公路管理機關災害預警機制以及實務監測設施應用情形，作為該指標分級依據。
文化大學　陳起鳳副教授	
(一) 簡報中各項評估指標之意義及評定方法，建議可再清楚說明，以減少專家學者疑慮。	納入期末報告辦理。
(二) 案例說明應補強計算過程說明，以利瞭解。	納入期末報告辦理。
(三) 對於設施安全指標以年份作為等級區分部分，建議可說明每個年份時點規範的結構強度標準，以利與設施安全指標關聯。	納入期末報告辦理。本計畫針對國、省道以及快速道路在淹水風險中的設施安全性指標，已檢視公路設計排水規範重大修訂內容及時點，鐵路部分則依鐵路修建養護規則修訂重大修訂內容以及電氣化計畫等時點，作為設施安全性指標分級之標準。
(四) 本次研究方法只有在設施型式改變時危害度等級才會變動，進而影響風險等級。以邊坡坡改善為例，其在脆弱度等級略為下降，但因型式沒有改變，危害度不受影響，進而風險等級可能維持一樣；但邊坡改善應同時影響到坡災潛勢結果，危害度應會受影響。建議團隊可再思考其處理方式。	本計畫危害度定義為「氣候引起之災害對交通設施產生衝擊之失能機率或程度」，爰針對坡災危害度部分依據坡災潛勢(主要為地形環境相關因子)以及設施本身型式(包括隧道及其他類型)以矩陣方式給予不同級分。 設施坡災風險降低方法可採坡面改善工程(如格框柵欄、噴凝土、型框植生護坡、防落石網等)等，或可透過大型工程改變設施形式，如平面段改為隧道。倘採後者方式改善坡災危害，因該方式屬全面性之改善措施，因此除降低脆弱度外亦會降低危害度，對於坡災風險降低效果較坡面改善方法顯著。
交通部路政司	
(一) 對於淹水風險之設施安全性指標，建議可尋求水利署或此方面專家集思廣益看有無更適合評估標準。	本計畫前期研究已與水利署專家多次就淹水相關資料討論。本期計畫針對國、省道以及快速道路在淹水風險中的設施安全性指標，已檢視公路設計排水規範重大修訂內容及時點，鐵路部分則依鐵路修建養護規則修訂重大修訂內容以及電氣化

出席人員意見	辦理情形說明
	計畫等時點，作為設施安全性指標分級之標準。
(二) 本計畫後續是否會擴大納入全國道路範圍？	由於地方縣市政府近年在國發會的經費補助下，亦開始辦理地方之調適行動計畫，爰本計畫仍以中央主管機關管理之鐵公路系統為研究對象。

八、會議資料

交通部運輸研究所

105 /09 /21

氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫

《專家座談會》



鼎漢國際工程顧問股份有限公司

Contents

壹 期中審查意見辦理方式

貳 風險評估方法精進

參 評估指標項目及分級

肆 風險地圖個案分析探討

1. 期中審查意見辦理方式

1.設施安全在危害度和脆弱度皆納入是否合適?

- 設施安全於危害度與脆弱度分析中所代表之意義不相同，考量用法上之差異，重新定義與修正指標為設施型式(危害度)、設施安全性(脆弱度)，說明如下：
  1) 設施型式：用於危害度分析上，淹水與坡災潛勢因未考量運輸設施狀態與條件，期中階段因多數主管機關建議需考量設施狀況，因此，納入設施型式，並分為高架、平面、地下三種型式，以反映不同設施型式之淹水暴露程度差異，坡災則是考量隧道與其他設施型式於坡災暴露程度上之差異。
  2) 設施安全性：用於脆弱度分析上，係指設施防淹水、坡災的調適能力。以不同設施等級(具設計標準差異)、興建或改善工程年份衡量設施淹水安全性分級標準；坡災則是以邊坡分級衡量設施安全性。

2.設施調適能力易誤解分級方式為設施調適能力越大，脆弱度越大?

設施調適能力指標(監測、替代道路、設施安全)採用正向分級，即分級越高則調適能力越好、脆弱度較低。脆弱度的分析公式調整如下：

脆弱度=潛在影響程度×權重+(6-淹水/坡災設施調適能力)×權重

1. 期中審查意見辦理方式

3.補充說明淹水潛勢分級只分1.3.5級的原因?監測只分3.4級的原因?

- 二代淹水潛勢圖資區分為0.3公尺以下、0.3~1公尺、1~2公尺、2~3公尺、3公尺以上等五種等級，然考量淹水達1公尺以上，交通已無法運行，因此，依據運輸設施特性，將淹水達1公尺以上設定為5級分，1公尺以下的兩種等級，則分別設定為3與1級分。106年的第三代淹水潛勢圖資發布後，若1公尺以下的級距有調細的話，再進一步配合細分等級。
- 不同設施需求之監測不同，而不同監測設施、方法之差異，自動化與非自動也難明確界定必要性與優劣，且無風險之多數設施亦不需要特別之監測，未避免影響調適能力指標綜合加權計算之結果，因此，此部分之設施監測能力設定為中等級的3分，而具有監測之設施、系統，因可多提供預警應變功能，故給予提高1分之4級分。

4.淹水透過橋梁管理PI值給予高架、河川橋設施安全分級，為何僅分3~5級分?

- 設施安全性指標檢討後調整為：以不同設施等級(具設計標準差異)、興建或改善工程年份衡量設施安全性分級標準；考量不同時期設計與建設之防淹水、坡災之能力與規範不同，因設施安全性等級規範之標準逐步提高，因此，新興建設施相對之安全性標準亦有所提升。此項指標統一修正為5級分。

貳 風險評估方法精進

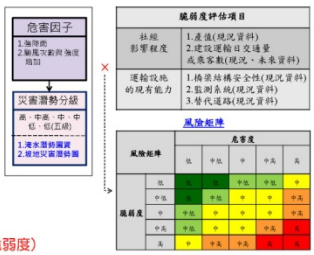
1.風險評估方法(104年版)

2.風險評估方法精進

3.風險評估方法比較表

2.1 風險評估方法(104年版)

- 風險 = f(危害度, 脆弱度)
  - 風險：氣候變遷對交通設施未來可能損害或損失的程度
  - 危害度：氣候變遷引起的災害(探討坡災與淹水危害)對交通設施產生衝擊失能機率或程度
  - 脆弱度：交通設施受氣候變遷負面影響的傾向與本質，包括敏感性、容易受災特性，以及目前應付與適應的能力



- ✓ 設施坡災風險 = f(坡災危害, 設施脆弱度)
- ✓ 設施淹水風險 = f(淹水危害, 設施脆弱度)
- ✓ 設施脆 弱 度 = 平均(社經影響程度, 運輸設施的現有能力)
- ✓ 社經影響程度 = 平均(交通量, 產值)
- ✓ 運輸設施能力 = 平均(橋梁結構安全性, 監測系統, 替代道路)

7

2.2 風險評估方法精進

鐵公路主管機關建議	精　進　作　法
1.水利署約每5年辦理一次淹水潛勢更新，較難讓各單位即時掌握及回饋至指標	1.配合水利署更新頻率，於106年更新第三代淹水潛勢與坡災潛勢圖
2.脆弱度包含產值、交通量、設施安全性、替代道路、監測指標等。宜加強設施狀況之評估分析，避免因產值與交通量較低影響脆弱度與風險評估結果	2.於危害度與脆弱度中納入設施型式、設施安全性，並調整風險矩陣的分級方式
3.橋梁、隧道無淹水疑慮，車行地下道淹水風險較高；坡災則是隧道無疑慮，而隧道口須注意坡災問題，可歸在平面段	3.參考各單位之建議，將設施型式、設施安全性納入危害度與脆弱度評估中
4.設施調適能力(設施安全性、替代道路數、監測)，分級越高在文字意思上通常理解為調適能力越好	4.設施調適能力中各指標為正向表示，等級越高表示越安全，計算脆弱度時再進行分數轉換
5.脆弱度公式中取平均為各指標權重在0.5情況下	5.公式權重方式提供預設與各單位建議值

8

2.2 風險評估方法精進

- 淹水/坡災風險 = f（淹水/坡災危害度，脆弱度）
- 淹水/坡災危害度 = f(淹水/坡災潛勢, 淹水/坡災設施型式)
- 淹水/坡災脆弱度 = Round(潛在影響程度×W6+(6-淹水/坡災設施調適能力)×W7)
  - **潛在影響程度** = Round(產值×W1 + 交通量×W2)
  - 淹水/坡災**設施調適能力** = Round(淹水/坡災設施安全性×W3 + 淹水/坡災監測能力×W4 + 替代道路數×W5)

風險矩陣		危害度				
		低	中低	中	中高	高
脆弱度	低	低	低	中低	中	中
	中低	低	中低	中	中	中高
	中	中低	中低	中	中高	中高
	中高	中低	中	中	中高	高
	高	中	中	中高	高	高

- W1:產值在潛在影響程度所占權重，預設0.5
- W2:交通量在潛在影響程度所占權重，預設0.5
- W3:設施安全性在設施調適能力所占權重，預設0.33
- W4:監測能力在設施調適能力所占權重，預設0.33
- W5:替代道路數在設施調適能力所占權重，預設0.33
- W6:潛在影響程度在脆弱度所占權重，預設0.5
- W7:設施調適能力在脆弱度所占權重，預設0.5

等級分數採四捨五入
脆弱度計算中調適能力6減計算為分級正負向轉換

9

2.3 風險評估方法比較表

指標		104年	105年
危害度		➢ 淹水潛勢 ➢ 坡災潛勢	➢ 坡災潛勢+設施型式 ➢ 淹水潛勢+設施型式
脆弱度		負向表示(分級越高越危險)	
潛在影響	產值	➢ 基年與未來年皆引用100年工商普查	➢ 基年引用100年工商普查 ➢ 未來年引用城際模型預測及業人口轉換為產值
	交通量	單向平日全日交通量	雙向平日全日交通量
設施調適力	設施安全性	➢ 依橋管系統CI值 ➢ 負向表示	➢ 淹水：道路等級設計標準、設施年份 ➢ 坡災：邊坡分級 ➢ 正向表示
	監測	➢ 負向表示	➢ 正向表示 ➢ 分淹水、坡災是否有監測機制與設備
	替代道路數	負向表示	正向表示
風險		對稱矩陣	偏向危害度

負向表示：分級5~1，表示高風險~低風險
正向表示：分級5~1，表示低風險~高風險

10

參 評估指標項目及分級

3.1 風險評估指標修訂—危害度
3.2 風險評估指標修訂—脆弱度

11

3.1 風險評估指標修訂—危害度

淹水潛勢機率分級

淹水深度D(m)	分級	分數
0.00≦D<0.30	低(L)	1
0.30≦D<1.0	中(M)	3
1.0≦D<	高(H)	5

坡災潛勢機率分級

0.0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0
低	中低	中	中高	高

淹水危害	淹水潛勢				
	低	中低	中	中高	高
高架	低	低	低	低	低
平面	低	中低	中	中高	高
地下	中低	中	中高	高	高

註：高架含河川橋及過山隧道等，地下主要是指車行地下道

坡災危害	坡災潛勢				
	低	中低	中	中高	高
隧道	低	低	低	低	低
其他	低	中低	中	中高	高

註：其他型式包含平面高架、河川橋、平面、車站

12

3.2 風險評估指標修訂—脆弱度

■ 潛在影響程度—產值

產值檢討

- 新增未來年產值
- 基年比照交通量，取95、100年工商普查公告推估104年
- 未來年引用125年引用城際模型推估及業人口推估產值
- 顯示單位利於檢視由千元調整為億元
- 依資料分布調整分級

確認產值指標

調整結果

- 基年：104年
- 未來年：125年
- 產值分級：

等級	產值範圍(億元)
高(5)	>=1,500
中高(4)	300~<1,500
中(3)	55~<300
中低(2)	10~<55
低(1)	0~<10

13

3.2 風險評估指標修訂—脆弱度

■ 潛在影響程度—交通量

交通量檢討

- 交通量，應儘皆具有人口特性，避免指標過多被稀釋重要
- 基年引用TTDSS複製104年4月交通量
- 未來年125年引用城際模型推估結果
- 高鐵本期優先納入苗栗、彰化、雲林
- 高鐵南港運量明年度列入
- 國道、快速公路、省道採雙向交通量

確認交通量指標

調整結果

- 高鐵：臺北、板橋、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、雲林、嘉義、臺南、高雄
- 國道、快速公路、省道：全臺(不含離島)
- 臺鐵：全臺(不含支線)
- 各運輸系統分級：

等級	高鐵站間日搭乘人數	臺鐵站間日搭乘人數	國道日交通量(PCU)	快速公路日交通量(PCU)	省道日交通量(PCU)
高(5)	7萬以上	5萬以上	20萬以上	20萬以上	20萬以上
中高(4)	5-7萬	2.5萬-5萬	10萬-20萬	10萬-20萬	5萬-20萬
中(3)	3-5萬	1.5萬-2.5萬	5萬-10萬	5萬-10萬	2萬-5萬
中低(2)	1-3萬	5千-1.5萬	2萬-5萬	2萬-5萬	1萬-2萬
低(1)	1萬以下	5千以下	2萬以下	2萬以下	1萬以下

14

3.2 風險評估指標修訂—脆弱度

■ 設施調適能力—監測

監測檢討

- 並非所有路段都需要監測，有無監測評分差異不宜過大
- 有監測應變能力優於無監測路段，態度在指標反應
- 地貌定期檢測可視為一種監測方式
- CCTV用於監控路況不適合納入；僅納入監控河川水位、邊坡之CCTV
- 淹水坡災不同監測能力分級

確認監測指標

調整結果

- 有監測中高(4)級分、無監測中(3)級分
- 部分監測具備監測淹水、坡災兩種類型
- 監測範圍依設施單位提供監控路段範圍
- 無範圍依監測設備所在路段視為有監測

儀器系統	淹水	坡災
水位計	O	O
雨量計	O	O
CCTV	O	O
地裡荷重計	X	O
傾斜觀測管	X	O
水壓計	X	O

15

3.2 風險評估指標修訂—脆弱度

■ 設施調適能力—替代道路數

替代道路數檢討

- 替代道路數分級方式維持前期，依據交通部「大規模災變之公路系統防救災規劃與修復策略研究」
- 對於替代道路數設定是否過高，檢視分級比例，如國道4680筆分段資料中，有542筆在8以上，占11%，故不調整分級

確認替代道路數指標

調整結果

等級	高鐵	臺鐵	國道及快速公路	省道
低(1)	≤5	≤2	≤1	≤1
中低(2)	5<X≤8	2<X≤4	1<X≤3	1<X≤3
中(3)	8<X≤10	4<X≤7	3<X≤5	3<X≤5
中高(4)	10<X≤13	7<X≤10	5<X≤8	5<X≤8
高(5)	>13	>10	>8	>8

16

3.2 風險評估指標修訂—設施安全

設施安全性檢討

- 考量不同設施等級，新舊興建或改善工程時期有不同防淹水、坡災之設計標準與抵力
- 新興建設施相對之安全性標準有所提升，因此，已設施等級，新舊，作為分級參考
- 以設施主管機關最新邊坡分級，作為設施安全性(坡災)判定參考

確認設施安全性指標

■ 參考鐵路法、公路法訂定之設施相關規範，標準逐步提高，回顧近70年修法之週期與標準及參考TTDSS彙整之過去40年交通建設資料庫，作為判斷不同等級設施、完工年份，作為設施安全性(淹水)分級依據

等級	高速鐵路	傳統鐵路	一、二級路	四-六級路
1970年前		低(1)	中低(2)	低(1)
1971-1990年		中低(2)	中(3)	中低(2)
1991-2010年	中高(4)	中(3)	中高(4)	中(3)
2011-2025年	高(5)	中高(4)	高(5)	中高(4)
2025年後	高(5)	高(5)	高(5)	高(5)

■ 設施安全性(坡災)分級則是考量邊坡分級

邊坡分級	等級
A(危險)	低(1)
B(稍微危險)	中低(2)
C(較安全)	中(3)
D(安全)	中高(4)
無邊坡、無分級	高(5)

17

3.3 邊坡分級納入設施安全性效果



18

肆 風險地圖個案分析探討

~評估合理性與調適作為

4.1 台鐵高雄-潮州路段

4.2 台鐵南港-松山路段

4.3 台鐵枋山路段

4.4 省道台9蘇澳-花蓮路段

4.5 省道台4南崁溪路段

19

4.1 台鐵高雄-潮州路段

設施型式改變，降低淹水危害度

風險評估		災害調適
➢淹水潛勢危害度(3)		➢屏東地勢較低窪易淹水
➢危害度降低 (3)→(1) ➢設施安全(2)→(4)	2015	➢高雄—屏東潮州高架化

水利署淹水潛勢不明顯

年期	脆弱度(潛在影響)	脆弱度(設施調適能力)	危害度	風險
基年	2	3	3	3
台鐵改善工程後	2	3	1	2

20

4.1 台鐵高雄-潮州路段

前期風險地圖

本期風險地圖
➢淹水分級調整

未來風險地圖
➢透過設施元件考量高程變化



21

4.2 台鐵南港-松山路段

區域排水改善降低危害度，南港專案改善設施，提高調適能力

風險評估		災害調適
➢淹水潛勢危害度(5)		➢2001年納莉風災松山車站淹水
➢淹水潛勢危害度(5)→(3)	2005	➢改善排水、河川整治(員山子分洪道)
➢危害度降低 (3)→(1) ➢設施安全提升(2)→(4) ➢監測(3)→(4)	2008 2016	➢松山地下化(平面→隧道) ➢加強監測(SIL認證)

年期	脆弱度(潛在影響)	脆弱度(設施調適能力)	危害度	風險
基年	5	3	5	5
台鐵改善工程後	5	4	1	2

22

4.2 台鐵南港-松山路段

2005

2016



淹水風險
1
2
3
4
5

23

4.3 台鐵枋山路段

加強監測，提高設施調適能力，但仍存在高坡災風險

風險評估		災害調適
➢坡災潛勢危害度(4)		➢台鐵易坍方路段
➢監測能力(3)→(4) ➢邊坡分級A→C設施安全性(1)→(3)	2014	➢加強監測、邊坡補強

坡災風險
1
2
3
4
5



年期	脆弱度(潛在影響)	脆弱度(設施調適能力)	危害度	風險
基年	2	2	5	4
台鐵改善工程後	2	3	5	4

24

4.4 省道台9蘇澳-花蓮路段

台9局部改善工程僅可略微降低風險，新路廊明顯降低危害度與風險

風險評估		災害調適
➢坡災潛勢危害度(5)		➢省道易坍方路段
➢邊坡分級A→C設施安全(1)→(3) ➢監測(3)→(4)	2010	➢邊坡改善 ➢加強監測
➢危害度降低(5)→(1) ➢設施安全提升(2)→(4) ➢監測(3)→(4)	2017	➢道路改線、新闢道路(蘇花改) ➢設施調整(隧道)

年期	脆弱度(潛在影響)	脆弱度(設施調適能力)	危害度	風險
基年	3	2	5	5
既有改善工程	3	3	5	4
蘇花改通車後	3	4	1	2



25

4.5 省道台4南崁溪路段

河川整治後，降低淹水危害度與風險

風　險　評　估		災　害　調　適
➢淹水潛勢危害度(5)		➢省道易淹水路段
➢淹水潛勢降低危害度(5)→(3)	2016	➢河川整治、堤防完善(南崁溪整治)

淹水風險



年期	脆弱度 (潛在影響)	脆弱度 (設施調適能力)	危害度	風險
基年	4	2	5	5
區域排水改善後	4	2	3	3

討論時間

創造優質交通運輸 連結

交通部運輸研究所　鼎漢國際顧問股份有限公司

九、簽到記錄

「MOTC-IOT-105-TBB004 氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」

專家學者座談會 簽到單

一、開會時間：105 年 9 月 21 日（星期三）下午 2 時

二、開會地點：本所 10 樓會議室

三、主席：張國之 胡以琴

四、出席單位及人員：

專家學者	簽名
交通大學運輸與物流管理學系 馮正民 教授	
中國文化大學土地資源系 陳起鳳 副教授	
國家災害防救科技中心 陳永明 組長	
交通部公路總局 陳進發 副總工程司	
交通部鐵路改建工程局 王武俊 副總工程司	
交通部臺灣鐵路管理局 葉年中 股長	

單位	職稱	姓名
交通部路政司	技士	
本所綜合技術組		朱佩芸 陳怡如
鼎漢國際工程顧問股份有限公司		林恩德

附 5.3 訓練會議

於 11 月 23 日辦理教育訓練會議辦理過程與記錄說明如下。

一、會議：氣候變遷運輸設施風險評估暨調適資訊平台教育訓練會

二、時間：民國 105 年 11 月 23 日(星期三) 14 時 00 分至 16 時 30 分

二、地點：本所 7 樓 研究室

四、主席：張 瓊文 組長

五、講師：鼎漢公司林規劃師恩德

六、出席名單

公路主管機關：鄭欽宗、張宴維、王睿懋、張育銘、莊益賓

鐵路主管機關：黃士銘、謝宜龍、鄭佳邦、彭聖祐、黃鴻博

七、報告內容摘要

概述氣候變遷運輸系統風險評估計畫之背景、風險評估方法，並說明新建計畫風險評估、資訊平台操作方式，內容如下：

1 氣候變遷運輸設施風險調適計畫介紹

(1) 計畫概要說明：解說計畫緣起與辦理目的。

(2) 氣候調適風險評估指標：解說各指標分級與操作方式。

(3) 調適評估方法：分別介紹淹水與坡災風險計算過程。

2 新建計畫風險評估

以「東西向快速公路台 76 線(原漢寶草屯)台 19 線以西路段改線工程」為例，說明新建計畫風險評估方法。

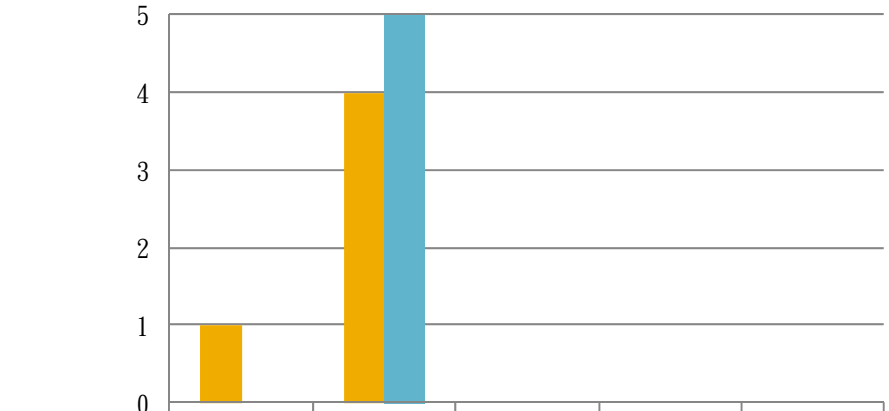
3 鐵公路氣候變遷調適資訊平台介紹

(1) 風險地圖查詢方式介紹(案例操作)。

(2) 指標修改操作說明。

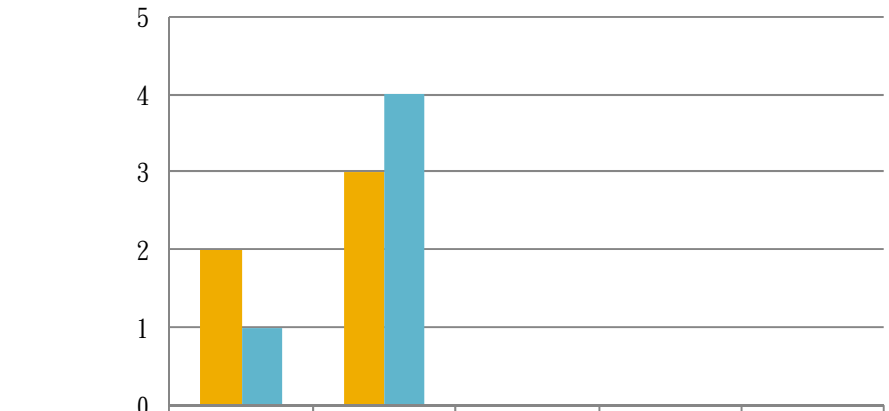
(3) 自選權重操作說明。

八、滿意度調查



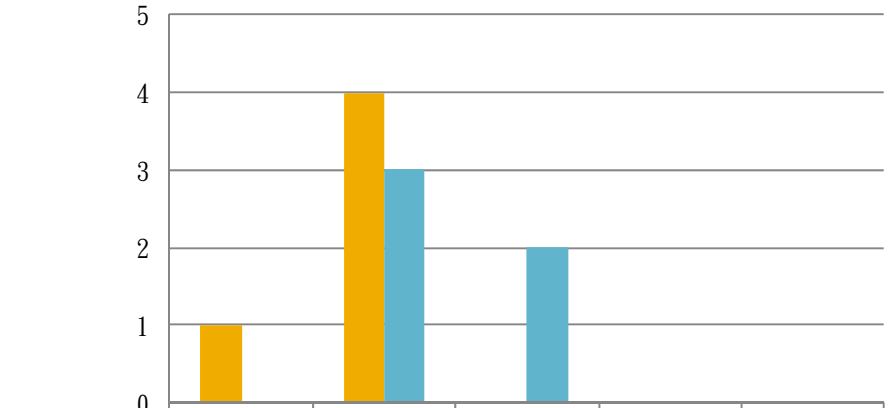
	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	1	4	0	0	0
公路	0	5	0	0	0

附圖 5.1.5 整體系統的使用(操作方式、流暢度)



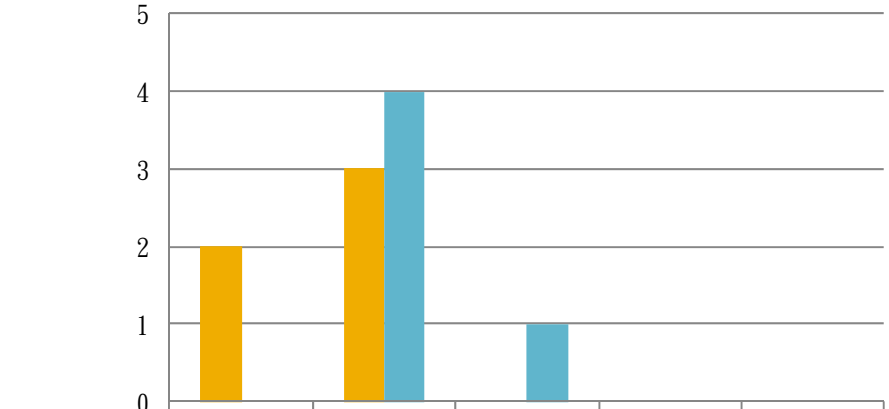
	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	2	3	0	0	0
公路	1	4	0	0	0

附圖 5.1.6 系統提供的功能(資訊內容)



	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	1	4	0	0	0
公路	0	3	2	0	0

附圖 5.1.7 系統與您實際工作的相關性



	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
鐵路、高鐵	2	3	0	0	0
公路	0	4	1	0	0

附圖 5.1.8 是否願意再使用此系統

1 系統有無提供線上屬性查詢

系統有提供資料查詢、GIS 查詢兩種方式。

2 系統有無提供屬性修改管道或功能

可透過指標修改功能回饋修改意見。

九、活動照片（加註文字簡述）

	綜技組張組長瓊文說明訓練會目的與期望成果。
	鼎漢公司林規劃師恩德說明訓練會簡報。

十、會議資料


交通部運輸研究所
2016 /11 /23
氣候變遷運輸設施風險評估暨
調適資訊平台教育訓練會
教育訓練會議程
1 計畫概要說明
氣候變遷的影響
氣候變遷調適作為
「國家氣候變遷調適政策綱領」
氣溫上升
降雨型態改變
極端氣候
海平面上升
災害
維生基礎設施
水資源
土地使用
海岸
能源供給及產業
農業生產及生物多樣性
健康
「調適策略：建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式」
・建立風險評估機制
・建置氣候變遷調適資訊平台
運輸部門優先調適計畫
淹水
坡災

2 氣候調適風險評估指標

研究範圍與對象

8

研究範圍

- 國道、省道、快速公路、高鐵、臺鐵(不含支線)
- 基年(1980~1999年)、未來(2020~2039年)之50、100、200重現年
- 風險、脆弱度(社經發展程度、運輸設施現有能力、危害度(坡災、淹水)

資訊服務對象

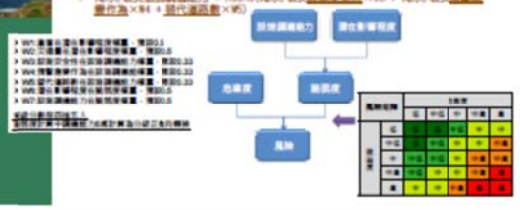
- 運研所綜技組、運計組、交通部路政司與管理資訊中心、高公局、國工局、公路總局、鐵工局、臺鐵局、高鐵局、高鐵公司
- 運輸設施脆弱度評估、危害度評估、風險評估、調適資訊發佈與策略推廣、交通部所屬單位研究資訊交流



氣候調適風險評估方法

9

- 淹水/坡災風險 = f（淹水/坡災危害度, 脆弱度）
- 淹水/坡災危害度 = f（淹水/坡災趨勢, 淹水/坡災設施型式）
- 淹水/坡災脆弱度 = Round(潛在影響程度×W6+(6-淹水/坡災設施調適能力)×W7)
  - 潛在影響程度 = Round(產值×W1 + 交通量×W2)
  - 淹水/坡災設施調適能力 = Round(淹水/坡災設施完善性×W3 + 淹水/坡災調查與作為×W4 + 替代道路數×W5)



氣候調適風險評估指標

10

- 危害度
  - 24小時延時降雨狀況模擬結果，50, 100, 200, 500重現年
  - 分別評估淹水, 坡災含現況, 未來6情境

淹水危害度

11

- 採用經濟部水利署於民國96年所製作之第二代淹水潛勢圖24小時延時降雨
- 未來淹水潛勢部分，水利署尚無氣候變遷下全台淹水潛勢圖
  - 未來基現年50年淹水潛勢部分，採用現況基現年100年的淹水潛勢圖
  - 未來基現年100年淹水潛勢部分，採用現況基現年200年的淹水潛勢圖
  - 未來基現年200年淹水潛勢部分，採用現況基現年500年的淹水潛勢圖

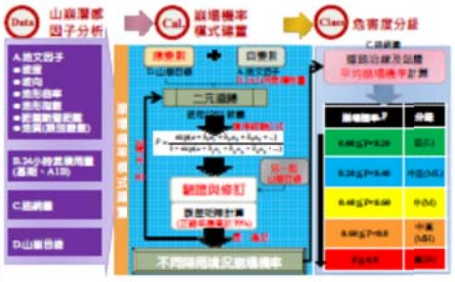




	基準/50T	基準/100T	基準/200T
淹水面積	647.828	1,070,938	1,170,858
淹水量		基準/50T	基準/100T	基準/200T
淹水面積		1.65	1.09	9.34
淹水量		1,070,938	1,170,858	9,343

坡災危害度

12



氣候調適風險評估指標

13

- 危害度
  - 定義：氣候變遷引起的災害(探討坡災與淹水危害)對交通設施產生動擊失能機率或程度
  - 評估方式：以淹水與坡災趨勢，各別代表評估淹水/坡災之發生機率程度，並結合設施型式(高架、平面、地下等)，評估設施之危害度。

淹水危害	淹水深(公尺)				
	低(0.3以下)	中低(0.3~1)	中(1~2)	中高(2~5)	高(超過5)
高架可忽略淹水影響	低	低	低	低	低
平面	低	中	高	高	高
地下	中低	中高	高	高	高

坡災危害	坡災趨勢				
	低	中低	中	中高	高
開挖	低	低	中	高	高
填地	低	中低	中	中高	高

氣候調適風險評估指標

14

- 產值

潛在影響等級	產值範圍(億元)
高(5)	>=1,500
中高(4)	300~<1,500
中(3)	55~<300
中低(2)	10~<55
低(1)	0~<10

- 交通量

潛在影響等級	高鐵站點日旅運人數	捷運站點日旅運人數	國道日交通量(PCU)	快速公路日交通量(PCU)	省道日交通量(PCU)
高(5)	7萬以上	5萬以上	20萬以上	20萬以上	20萬以上
中高(4)	5-7萬	2.5萬-5萬	10萬-20萬	10萬-20萬	5萬-20萬
中(3)	3-5萬	1.5萬-2.5萬	5萬-10萬	5萬-10萬	2萬-5萬
中低(2)	1-3萬	0.7-1.5萬	2萬-5萬	2萬-5萬	1萬-2萬
低(1)	1萬以下	0.7萬以下	2萬以下	2萬以下	1萬以下

*國道、快速公路、省道為平日全日雙向交通量

氣候調適風險評估指標

15

- 設施安全性
  - 淹水
    - 公路一依據公路排水設計規範修訂分級
      - 設計10年
      - 第一次修訂2001年
      - 第二次修訂2009年
      - 調查年度年2020
    - 鐵路一鐵路修建養護規則
      - 設計10(56條文)
      - 修訂10(95條文)
      - 修訂20(106條文)
      - 調查年度年2020
  - 坡災
    - 依邊坡分級

調適能力等級	公路年度
低(1)	1987年前
中低(2)	1988~2001年
中(3)	2002~2009年
中高(4)	2010~2020年
高(5)	2021年後

調適能力等級	鐵路年度
低(1)	1960年前
中低(2)	1961~1981年
中(3)	1982~2006年
中高(4)	2007~2020年
高(5)	2021年後

調適能力等級	邊坡分級
低(1)	A
中低(2)	B
中(3)	C
中高(4)	D
高(5)	無邊坡，無分級

氣候調適風險評估指標

16

- 預警應變作為
  - 可依單位特性訂定調整

調適能力等級	預警應變作為
中(3)	一般氣候監測/不設定行動值
中高(4)	監測系統/重點監控/有設定行動值
高(5)	主動通報民眾

- 替代道路數
  - 國快速：國道、快速道路、省道，半徑5公里
  - 省道：國道、省道、縣道、鄉道、價值地區產業道路，半徑2.5公里
  - 高鐵：國道、快速道路及省道，半徑25公里
  - 鐵路：車站周邊國道、省道、縣道、鄉道、市區道路、產業道路，半徑2.5公里

調適能力等級	高鐵	鐵路	國道及快速公路	省道
低(1)	≤5	≤2	≤1	≤1
中低(2)	5<X≤8	2<X≤4	1<X≤3	1<X≤3
中(3)	8<X≤10	4<X≤7	3<X≤5	3<X≤5
中高(4)	10<X≤13	7<X≤10	5<X≤8	5<X≤8
高(5)	>13	>10	>8	>8

3 氣候調適風險評估方法

- 淹水風險計算過程
- 坡災風險計算過程

淹水風險計算過程

18

- 計算範例
  1. 潛在影響程度(產值、交通量)
     - 潛在影響程度= 2 * 0.5 + 3 * 0.5 = 2.5 →四捨五入：3
  2. 設施調適能力(設施安全、替代道路數、預警應變作為)
     - 設施調適能力=4*0.33+4*0.33+4*0.33=3.3 →四捨五入：3
  3. 脆弱度(潛在影響程度、設施調適能力)
     - 脆弱度=3*0.5+(5-3)*0.5= 3 →四捨五入：3
  4. 風險(危害度、脆弱度)
     - 風險=f (5, 3)=4

風險矩陣	危害度				
	低	中低	中	中高	高
脆弱度 低	低	低	中低	中	中
脆弱度 中低	低	中低	中	中高	中高
脆弱度 中	中低	中低	中	中高	中高
脆弱度 中高	中低	中	中	中高	高
脆弱度 高	中	中	中高	高	高

指標	參數	等級
產值	11億元	2
交通量	21221 PCU	3
設施安全性	2011改建	4
替代道路數	3	2
預警應變作為	重點監控路段	4
淹水危害度	5	5
設施型式	平面	–

坡災風險計算過程

19

- 計算範例
  1. 潛在影響程度(產值、交通量)
     - 潛在影響程度= 2 * 0.5 + 2 * 0.5 = 2 →四捨五入：2
  2. 設施調適能力(設施安全、替代道路數、預警應變作為)
     - 設施調適能力=3*0.33+3*0.33+4*0.33=3.3 →四捨五入：3
  3. 脆弱度(潛在影響程度、設施調適能力)
     - 脆弱度=2*0.5+(6-3)*0.5= 2.5 →四捨五入：3
  4. 風險(危害度、脆弱度)
     - 風險=f(3,3)=3



指標	參數	等級
產值	11億元	2
交通量	5285人次	2
設施安全性	護坡分級C級	3
替代道路數	4	3
預警應變作為	重點監控路段	4
坡災危害度	3	3
設施型式	平面	--

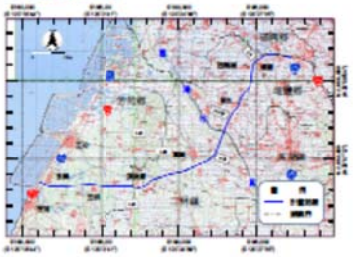
意見回饋討論

4 新建計畫風險評估

新建計畫風險評估

22

- 「東西向快速公路台76線(原漢寶草屯)台19線以西路段改線工程」



新建計畫風險評估

23

- 指標評定查詢方法(產值, 交通量, 替代道路數, 危害度)
  - GIS查詢
  - EXCEL查詢
  - 計畫評估報告
  - 周邊道路



車輛種類	車輛數(PCU/日)
大客車	9,623
小客車	30,139

新建計畫風險評估

24

- 產值

路段	縣道	產值	潛在影響等級
0k+000~6K+000	省道	160	3
6K+000~13K+000	二林線	185	3
13+000~19K+500	埔鹽線	205	3
19+500~20K+800	埔鹽線	434	4

- 交通量
  - 39,762 PCU，潛在影響等級為3
- 設施安全
  - 淹水：2021年完工，設施調適能力等級為5
  - 坡災：無遭坡，設施調適能力等級為5
- 預警應變作為
  - 無規劃監測系統且屬一般農塭，設施調適能力等級為3
- 替代道路數
  - 台76, 台61, 台19, 台17, 144, 135甲, 144甲，設施調適能力等級為4


25
新建計畫風險評估
■ 計算範例(二林鎮部分路段)
1. 潛在影響程度(產值、交通量)
■ 潛在影響程度= 3 * 0.5 + 3 * 0.5 = 3 →四捨五入：3
2. 設施調適能力(設施安全、替代道路數、預警應變作為)
■ 設施調適能力=5*0.33+4*0.33+3*0.33=3.9 →四捨五入：4
3. 脆弱度(潛在影響程度、設施調適能力)
■ 脆弱度=3*0.5+(5-4)*0.5= 2.5 →四捨五入：3
4. 風險(危害度、脆弱度)
■ 風險=f(3,3)=3
指標 參數 等級
產值 165億元 3
交通量 39,782 PCU 3
設施安全性 2021年 5
替代道路數 7條 4
預警應變作為 一般道路 3
淹水危害度 3 3
設施型式 平面 --
5 鐵公路氣候變遷調適資訊平台介紹
■風險地圖查詢方式介紹(案例操作)
■指標修改操作說明
■自選權重操作說明
27
鐵公路氣候變遷調適資訊平台
鐵公路
登入後才可使用
30
風險地圖查詢方式介紹
■ 資料庫查詢
▸ 風險評估專區→成果查詢


31
指標修改操作說明
■ 對於指標數值意見回饋使用，非線上即時更新
32
自選權重操作說明
■ 對於潛在影響程度、設施調適能力採不同權重計算
意見回饋討論
意見回饋
提供您寶貴的意見與建議，寫入問卷中!
如需要特別釐清說明，請勾選請再聯繫

十一、簽到記錄

交通部運輸研究所「氣候變遷運輸設施風險評估暨風險資訊進階服務計畫」推廣會_簽到單

「鐵公路氣候變遷調適資訊平台」推廣訓練

一、時　　間：105 年 11 月 23 日(星期三)

二、地　　點：本所 7 樓研究室(臺北市松山區敦化北路 240 號)

三、簽到記錄

服務機關	服務單位	職稱	姓名	登錄學習	簽到
交通部公路總局		幫工程司	林意晴	○	
交通部公路總局		幫工程司	鄭欽宗	○	鄭欽宗
交通部公路總局		幫工程司	張宴維	○	張宴維
交通部公路總局		助理工務員	王睿懋	○	王睿懋
交通部鐵路改建工程局	工務組	工程司	黃士銘	○	黃士銘
交通部鐵路改建工程局	機電組	技術員	謝宜龍	○	謝宜龍
交通部國道新建工程局		副工程司	莊益賓	○	莊益賓
交通部鐵路改建工程局		工程司	鄭佳邦	○	鄭佳邦
台灣高速鐵路股份有限公司	營運安全室	專員	黃鴻博		黃鴻博
臺灣鐵路管理局	工務處	工務員	彭聖統	○	彭聖統
交通部公路總局		幫工程司	張育銘	○	張育銘

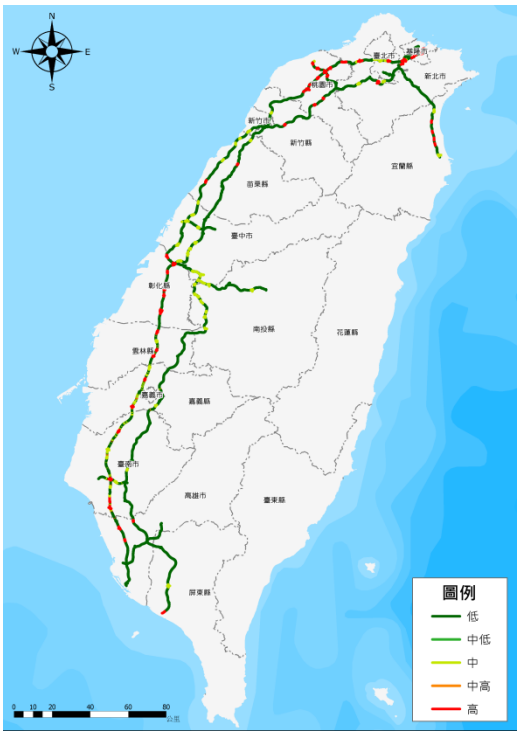
附錄六

風險地圖

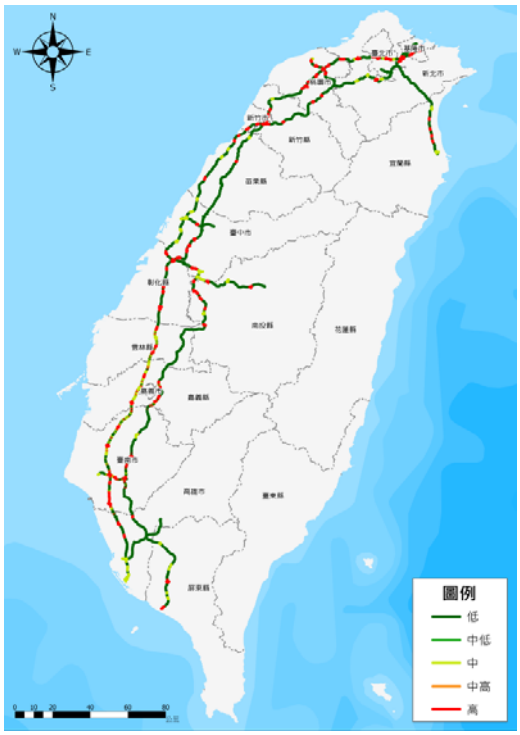
附錄 6 風險地圖

附 6.1 危害度地圖

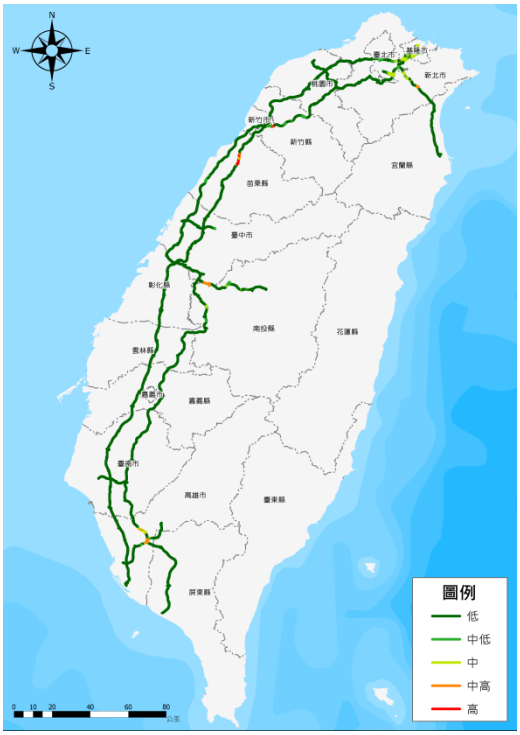
1. 國道



情境 1-淹水



情境 6-淹水



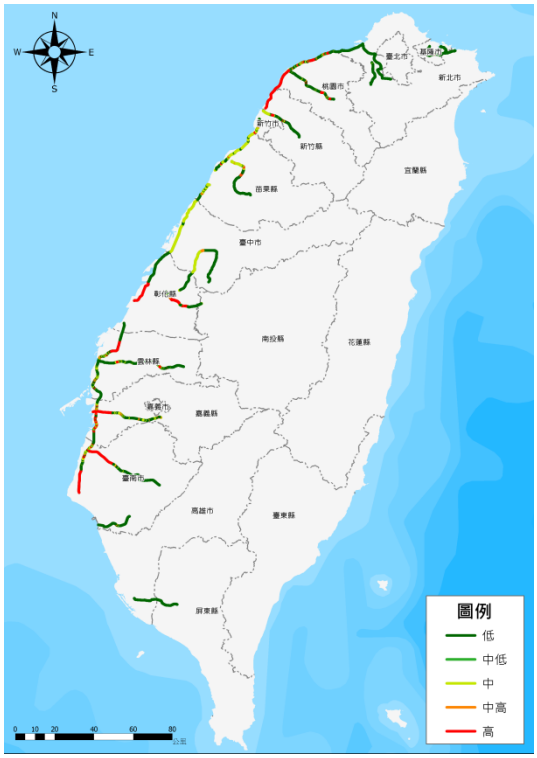
情境 1-坡災



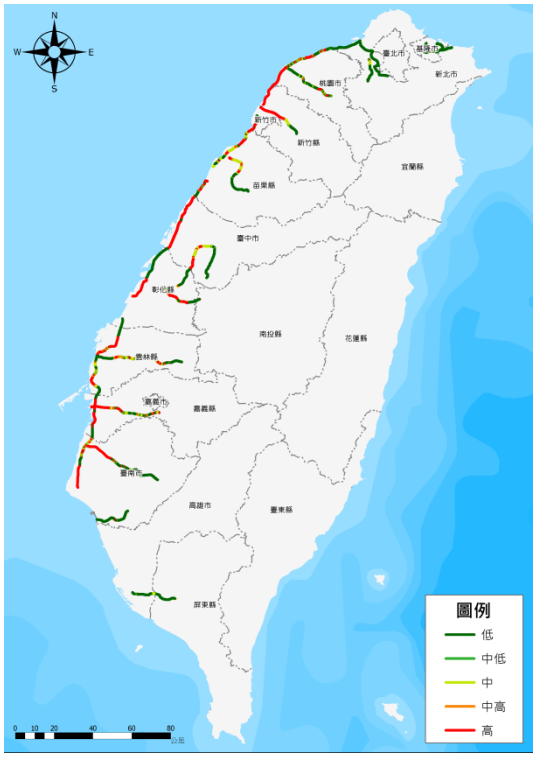
情境 6-坡災

附圖 6.1.1 國道危害度地圖

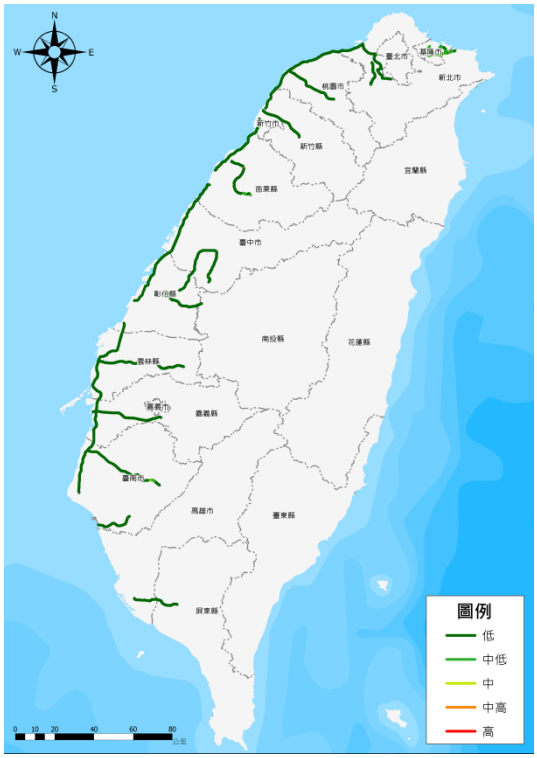
2. 快速公路



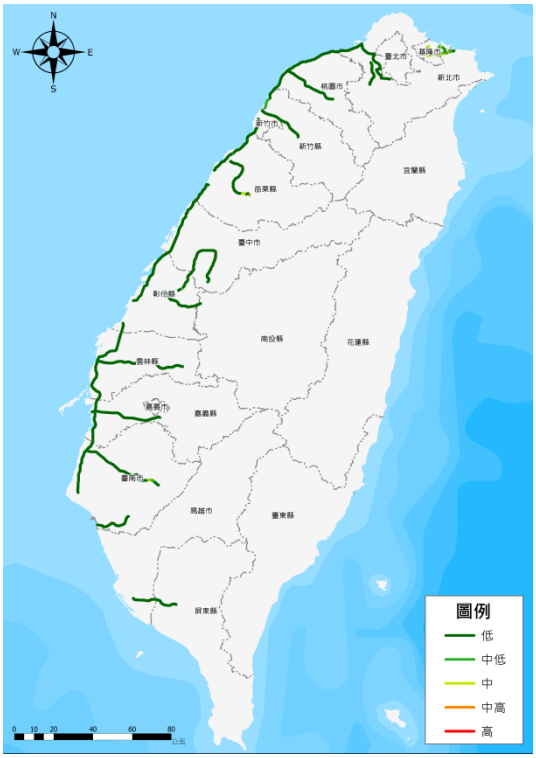
情境 1-淹水



情境 6-淹水



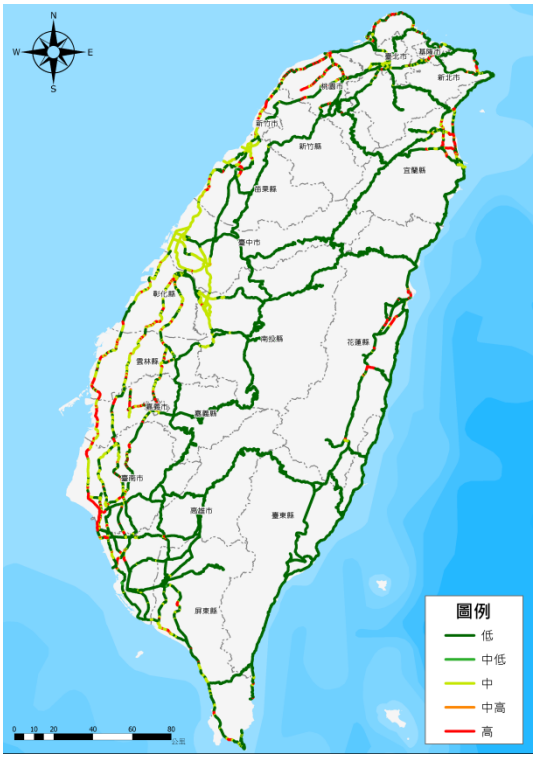
情境 1-坡災



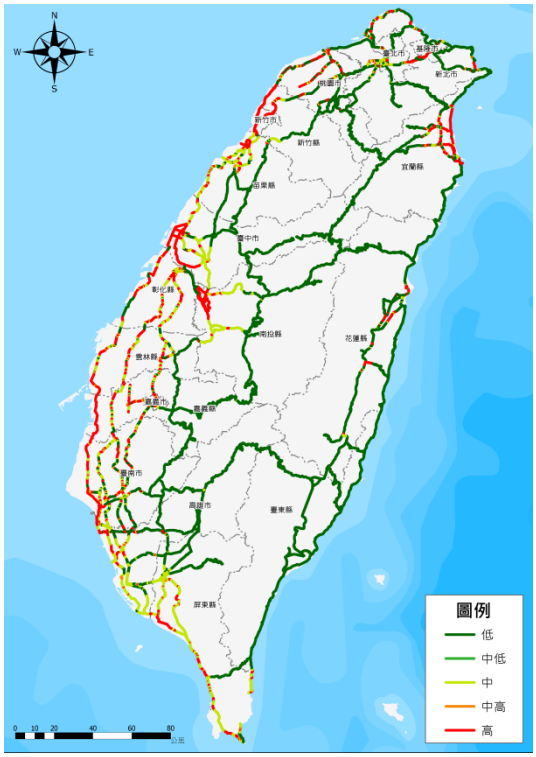
情境 6-坡災

附圖 6.1.2 快速公路危害度地圖

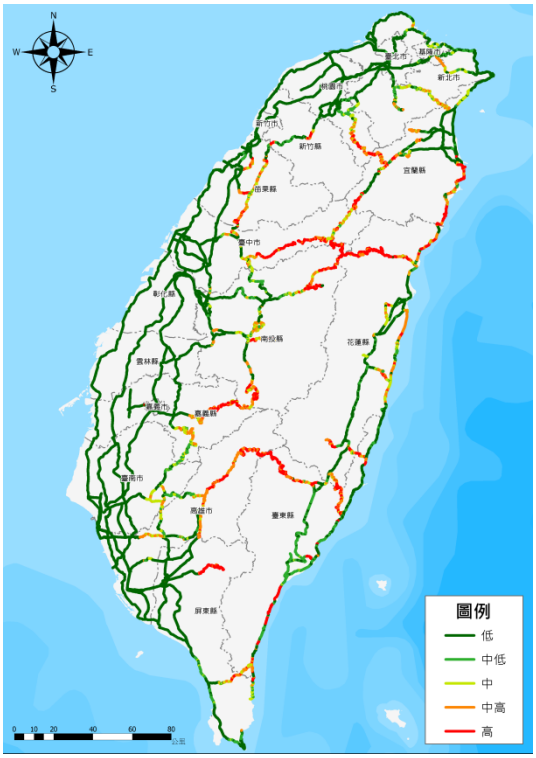
3. 省道



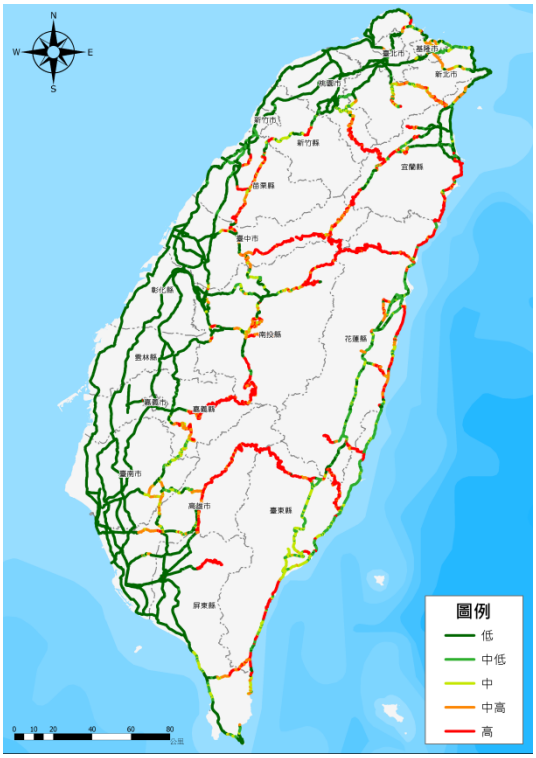
情境 1-淹水



情境 6-淹水



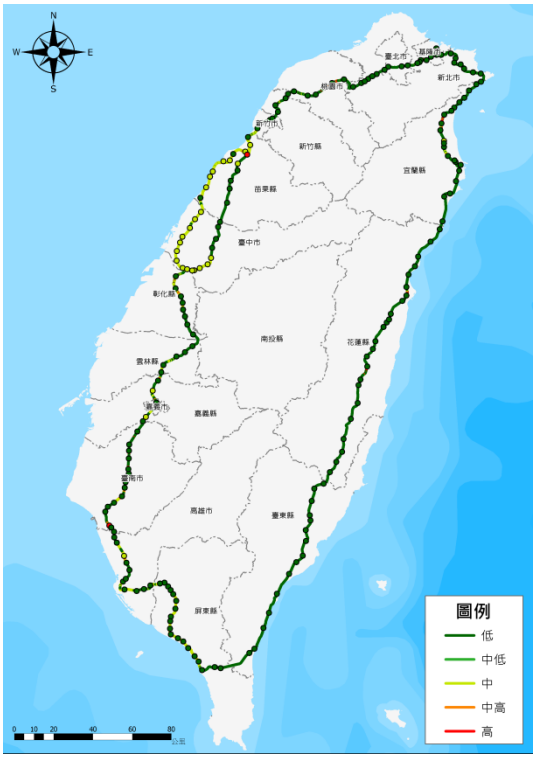
情境 1-坡災



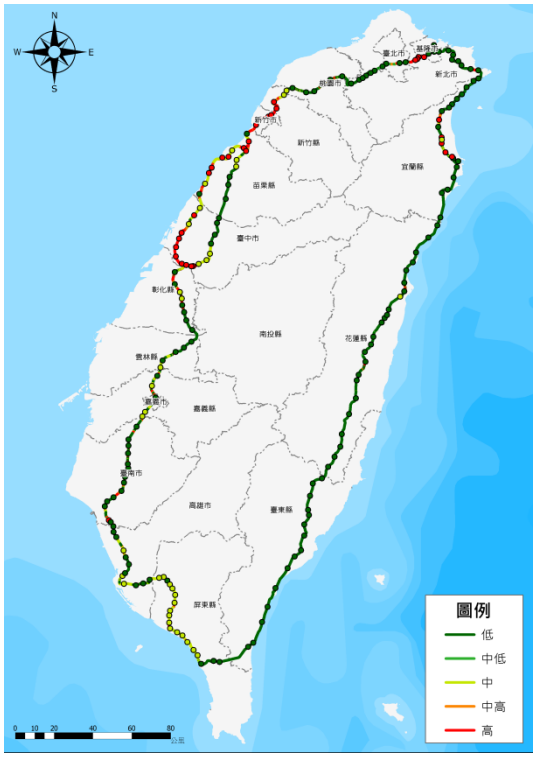
情境 6-坡災

附圖 6.1.3 省道危害度地圖

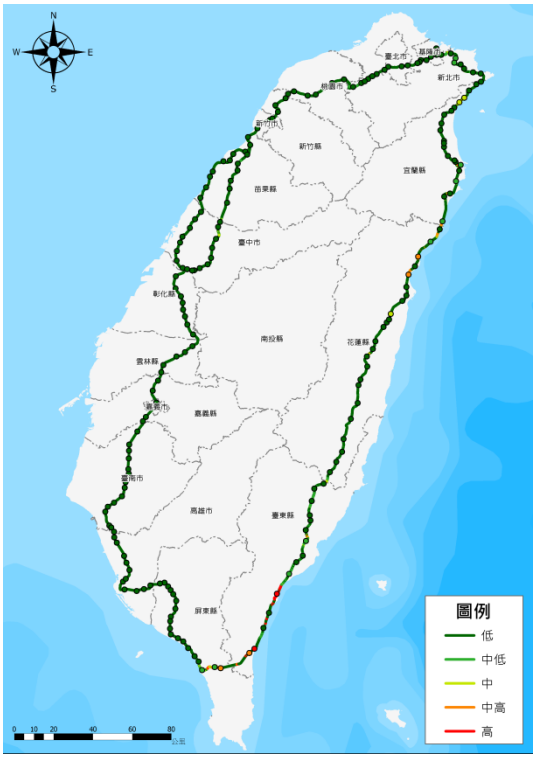
4. 臺鐵



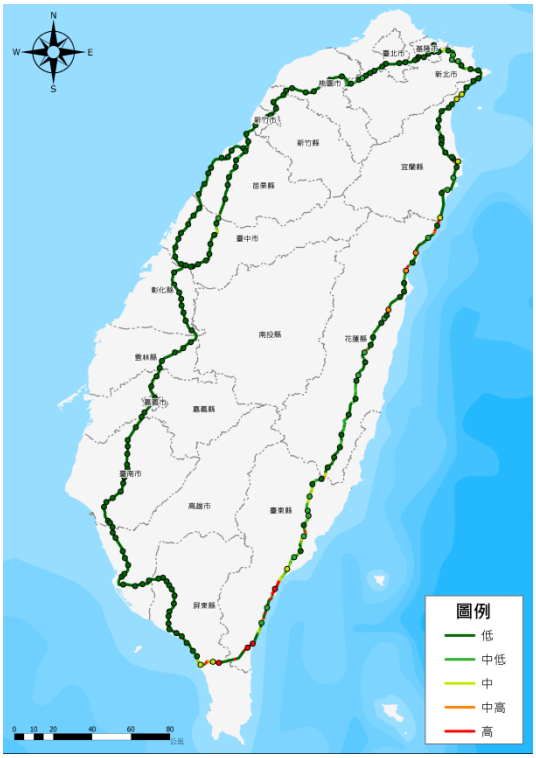
情境 1-淹水



情境 6-淹水



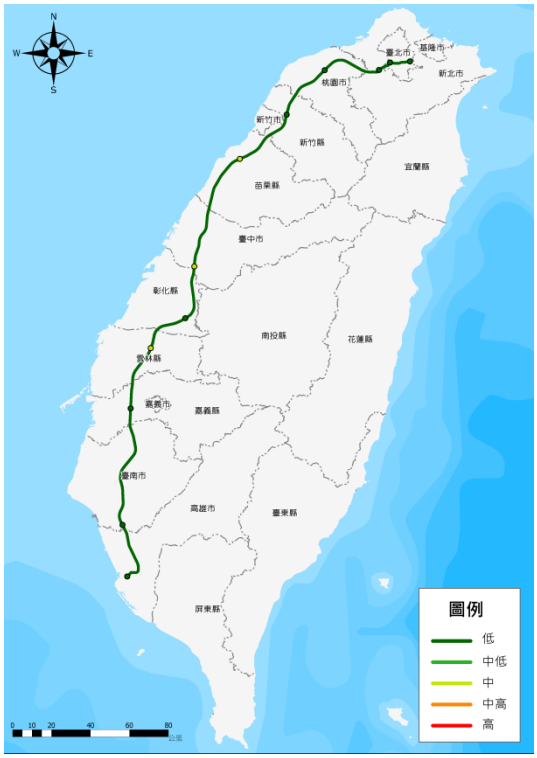
情境 1-坡災



情境 6-坡災

附圖 6.1.4 臺鐵危害度地圖

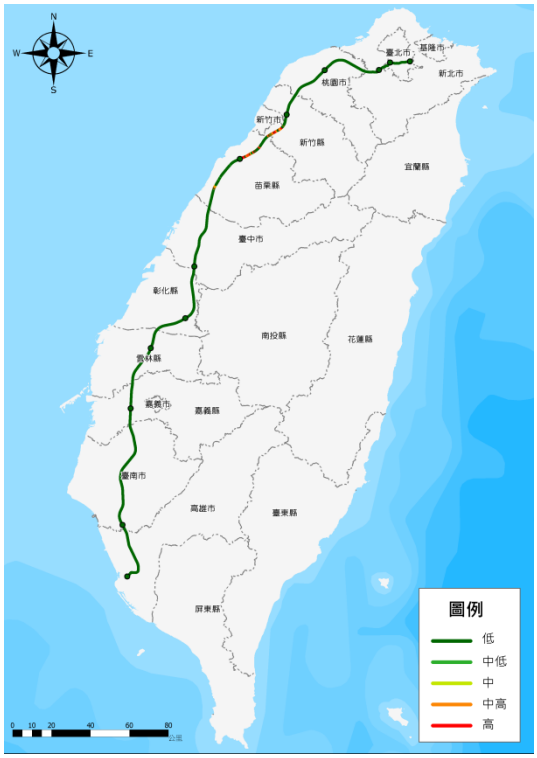
5. 高鐵



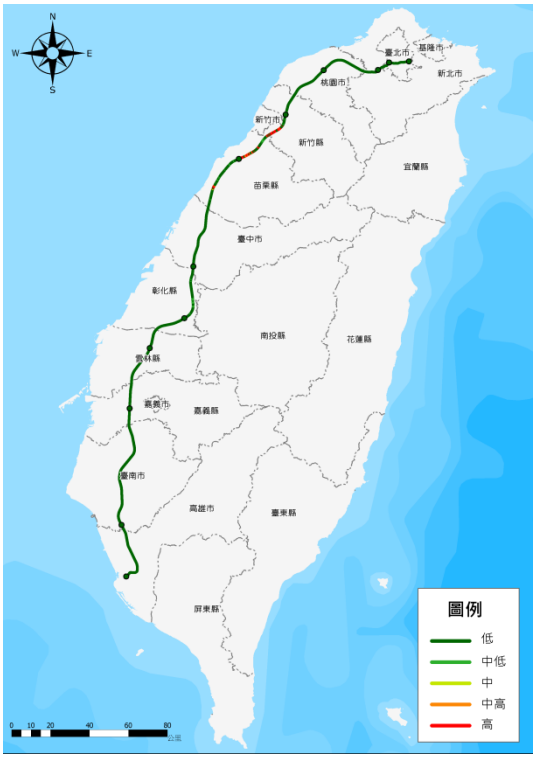
情境 1-淹水



情境 6-淹水



情境 1-坡災



情境 6-坡災

附圖 6.1.5 高鐵危害度地圖

附 6.2 脆弱度地圖

1. 國道



基期淹水脆弱度



未來淹水脆弱度



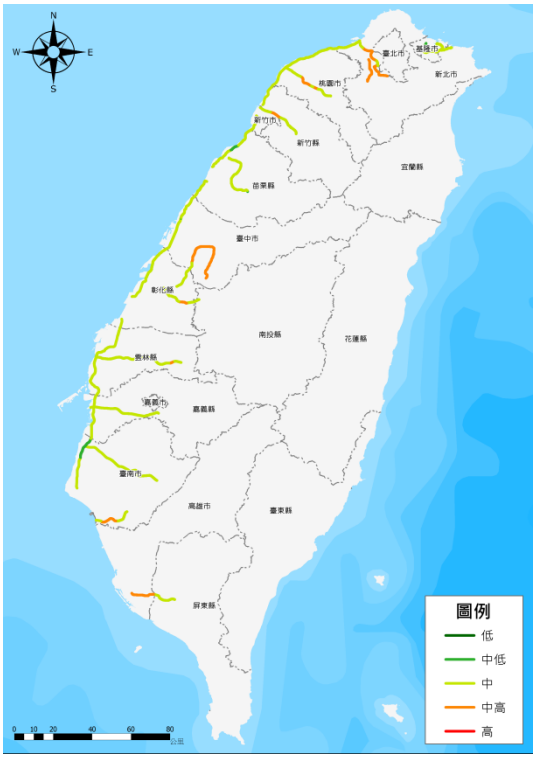
基期坡災脆弱度



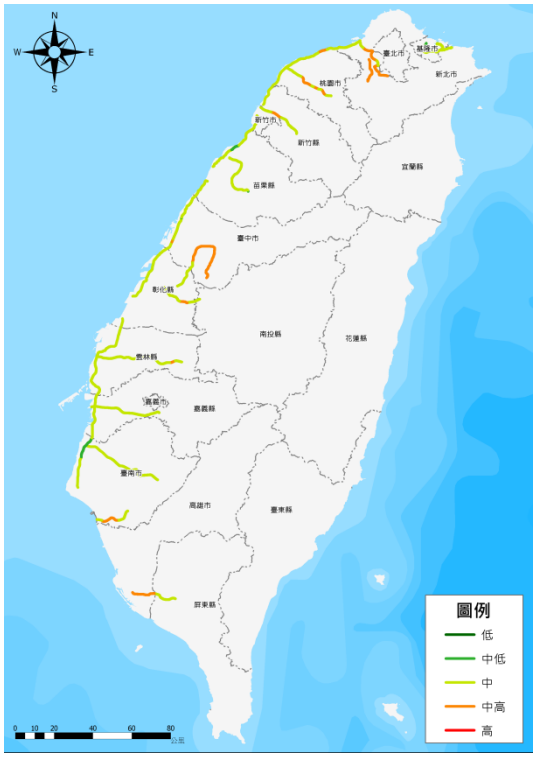
未來坡災脆弱度

附圖 6.2.1 國道基期及未來脆弱度地圖

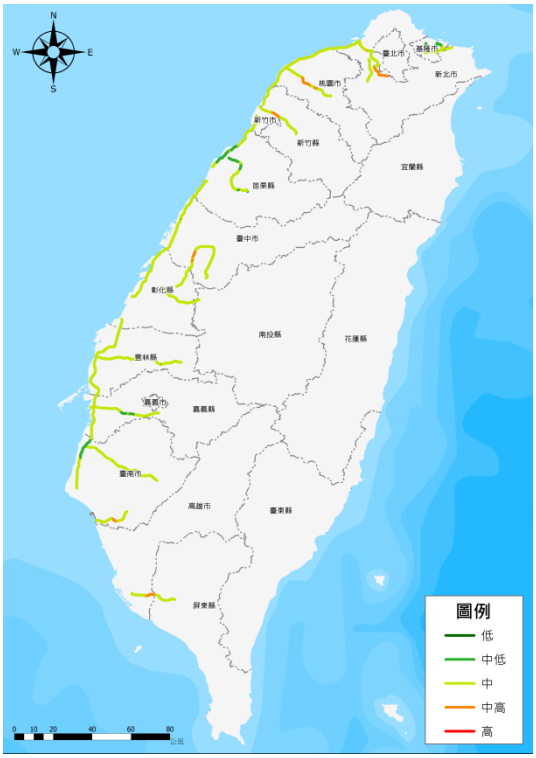
2. 快速公路



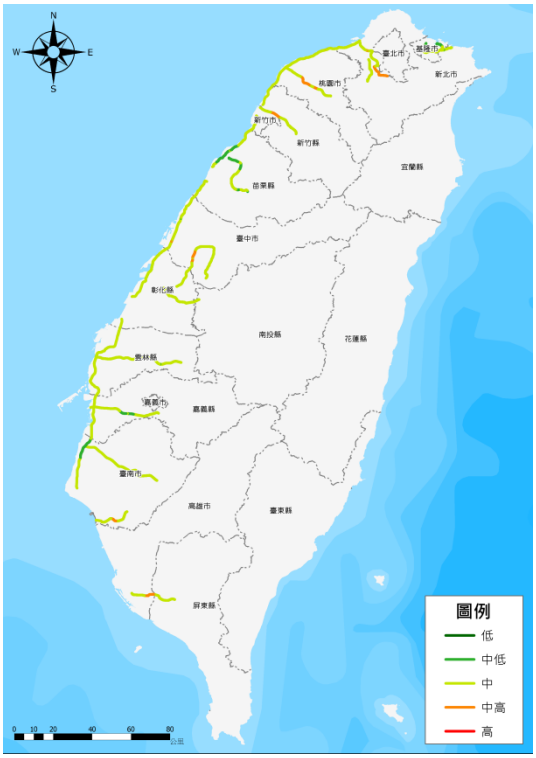
基期淹水脆弱度



未來淹水脆弱度



基期坡災脆弱度



未來坡災脆弱度

附圖 6.2.2 快速公路基期及未來脆弱度地圖

3. 省道



基期淹水脆弱度



未來淹水脆弱度



基期坡災脆弱度



未來坡災脆弱度

附圖 6.2.3 省道基期及未來脆弱度地圖

4. 臺鐵



基期淹水脆弱度



未來淹水脆弱度



基期坡災脆弱度



未來坡災脆弱度

附圖 6.2.4 臺鐵基期及未來脆弱度地圖

5. 高鐵



基期淹水脆弱度



未來淹水脆弱度



基期坡災脆弱度



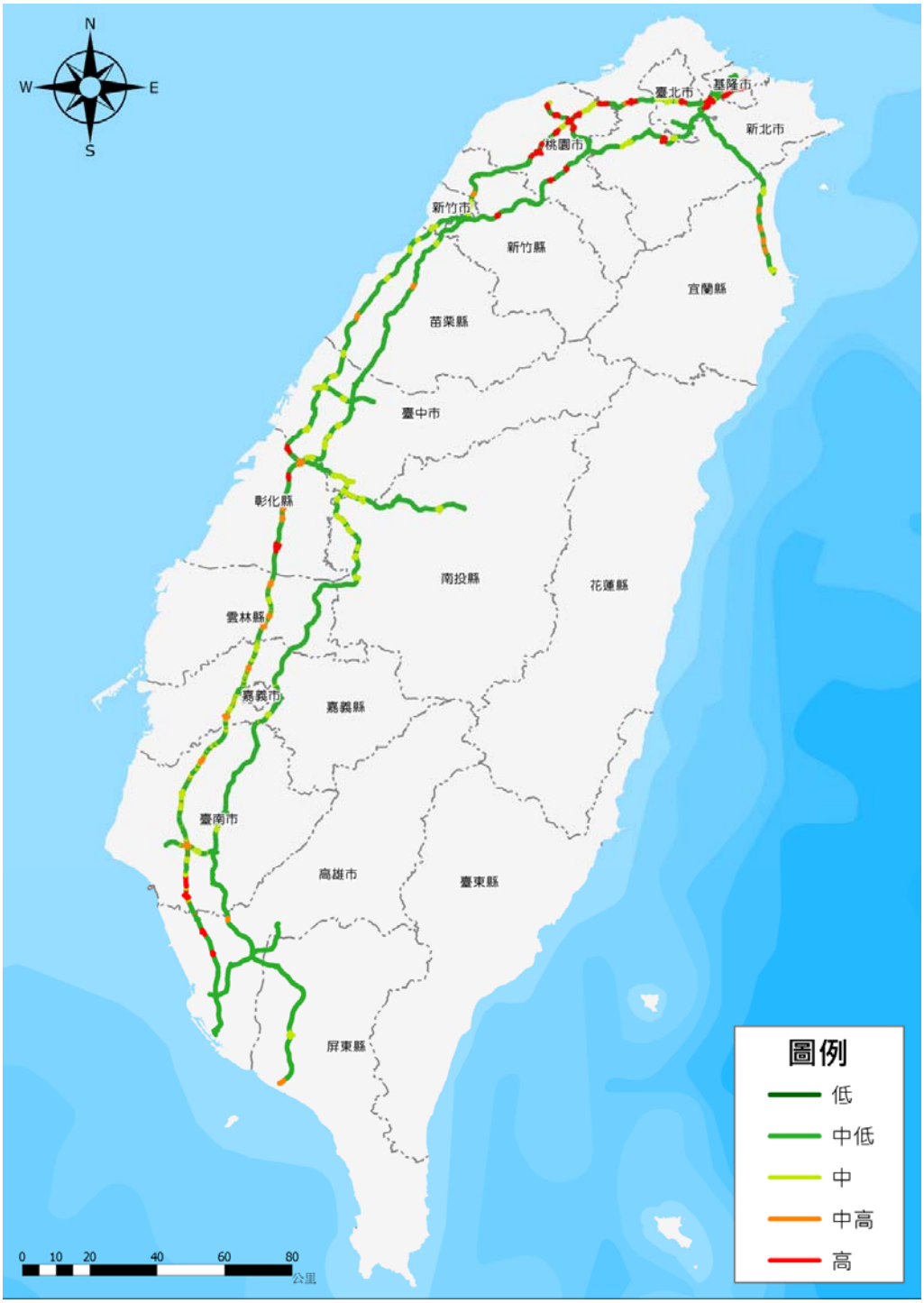
未來坡災脆弱度

附圖 6.2.5 高鐵基期及未來脆弱度地圖

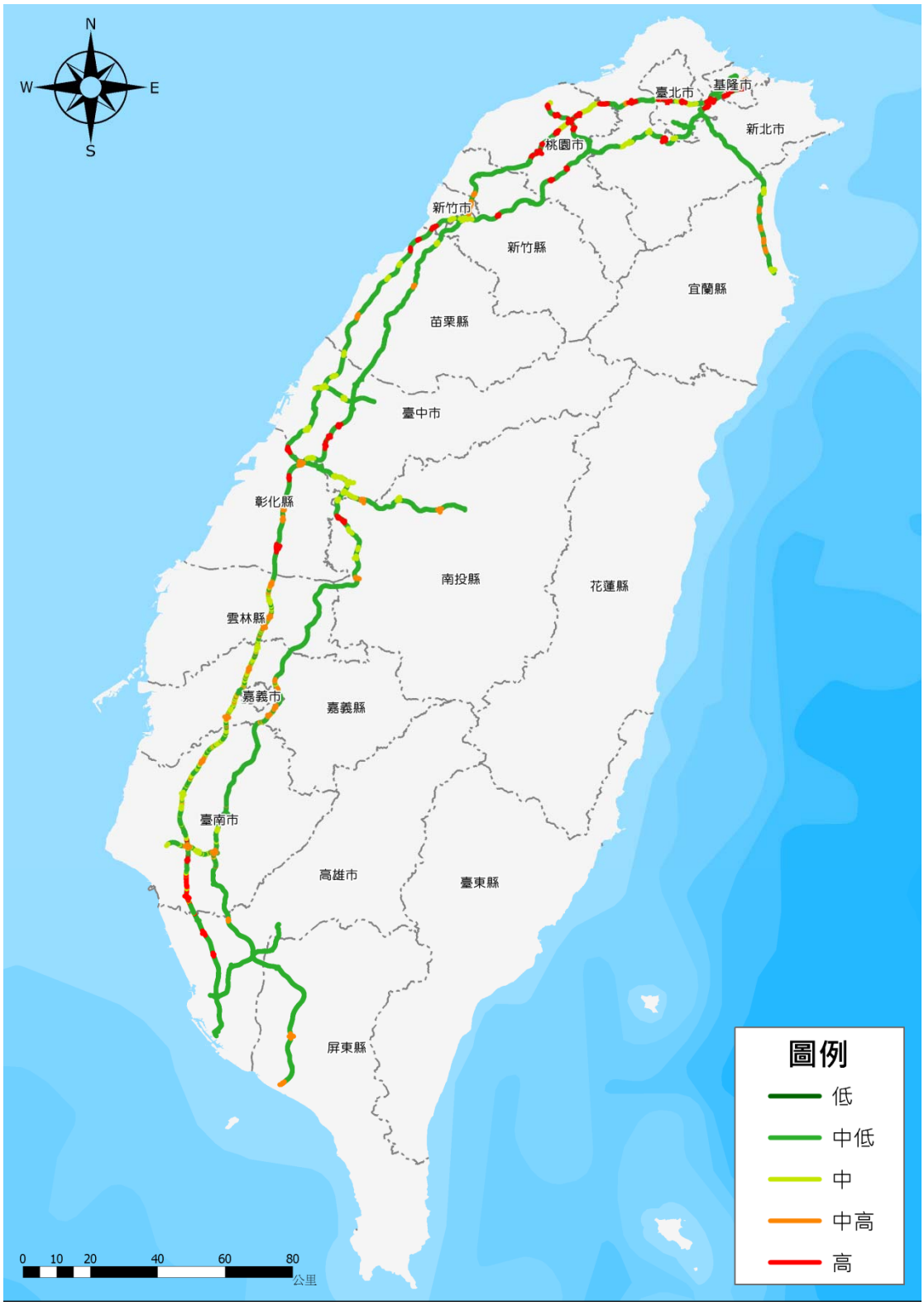
附 6.3 風險地圖

1. 國道風險地圖

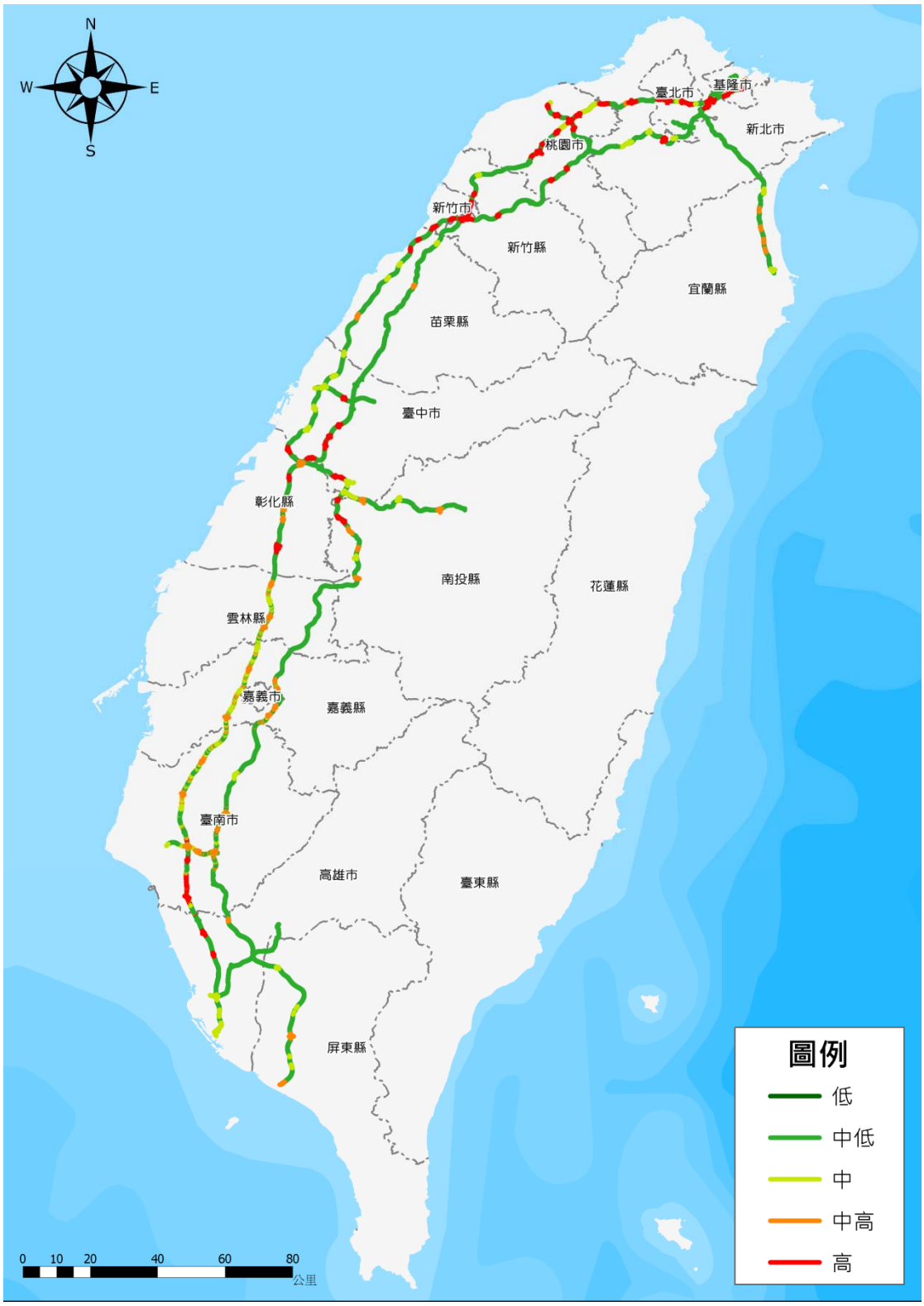
(1)淹水



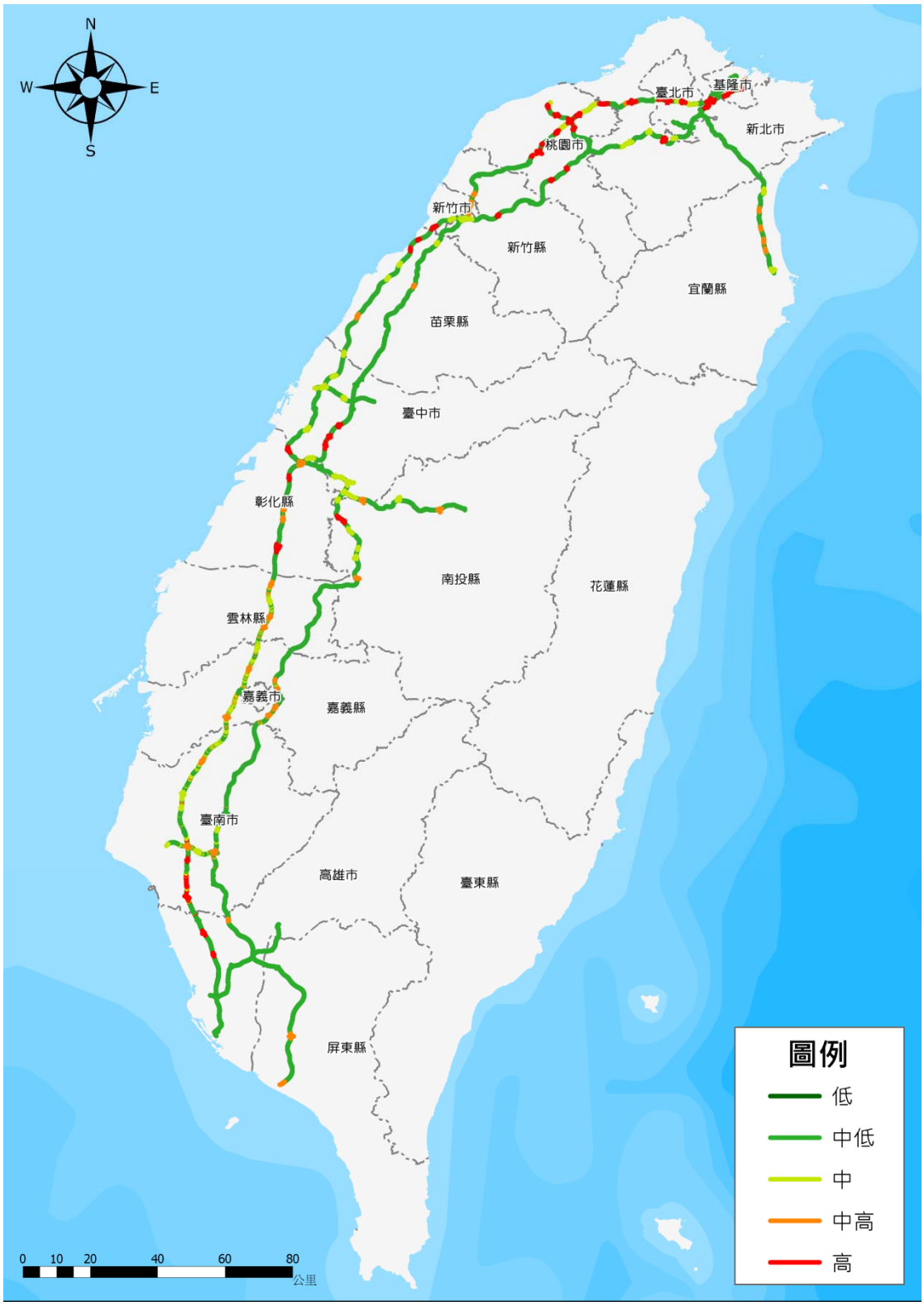
附圖 6.3.1 國道情境 1-淹水風險地圖



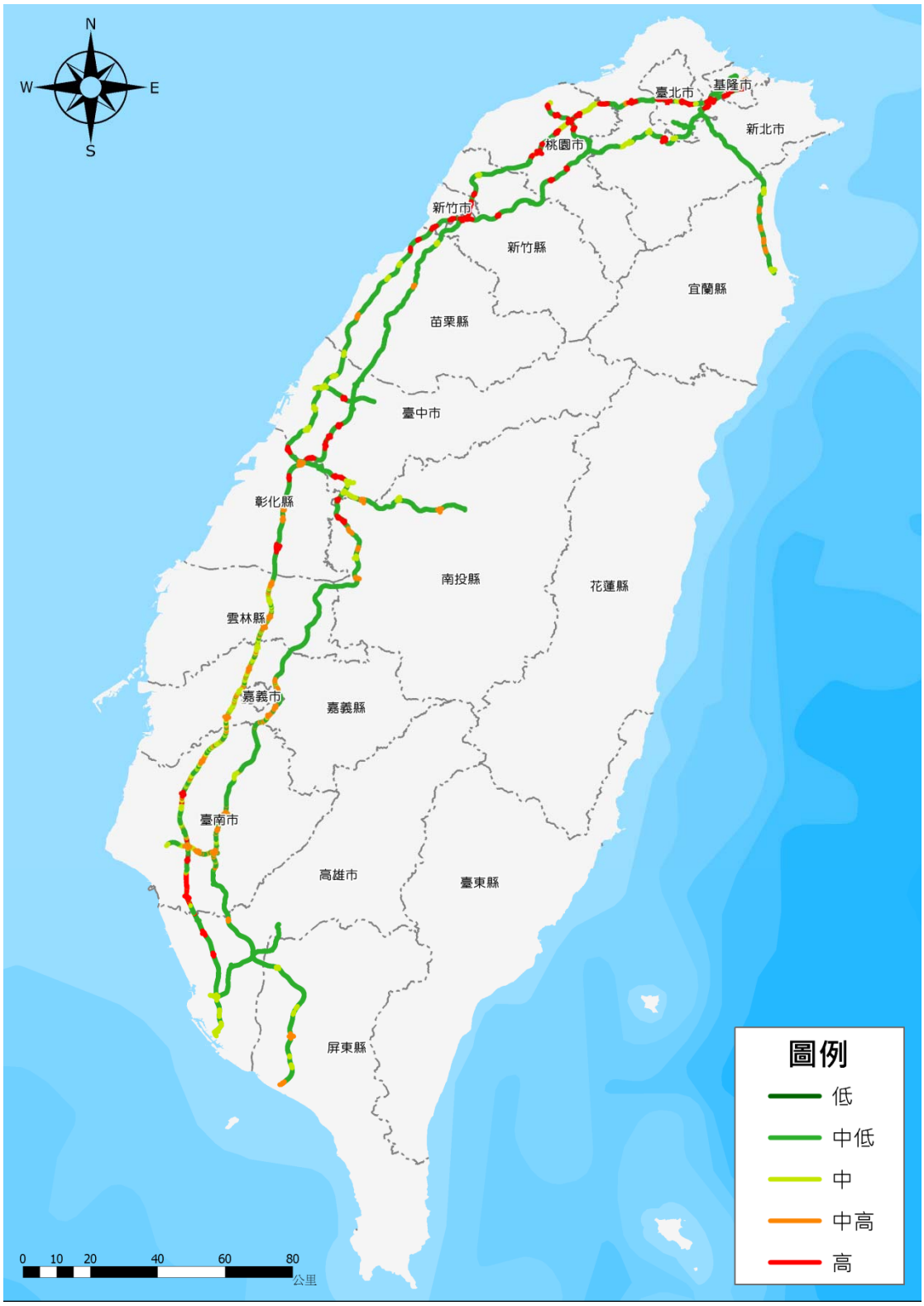
附圖 6.3.2 國道情境 2-淹水風險地圖



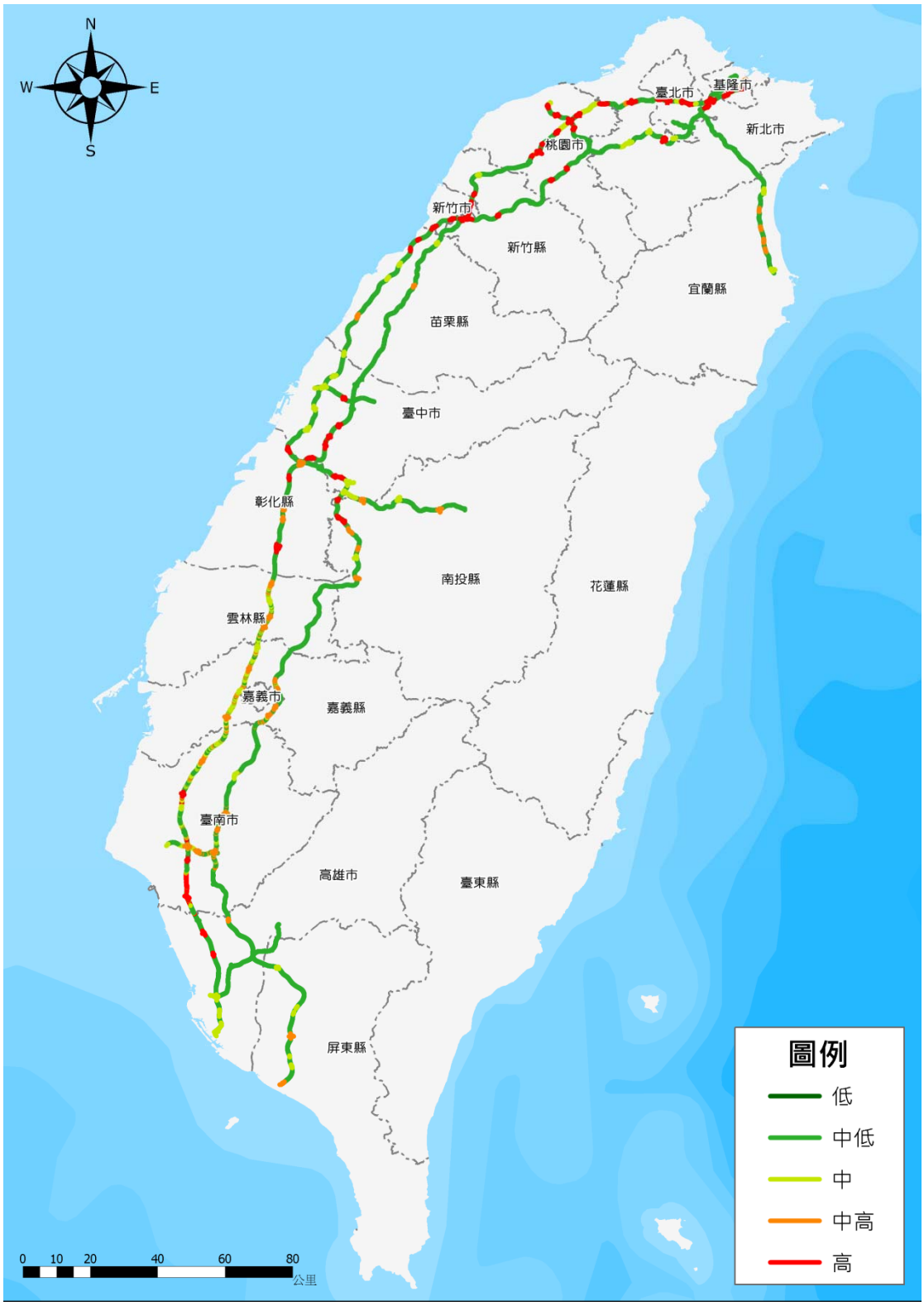
附圖 6.3.3 國道情境 3-淹水風險地圖



附圖 6.3.4 國道情境 4-淹水風險地圖

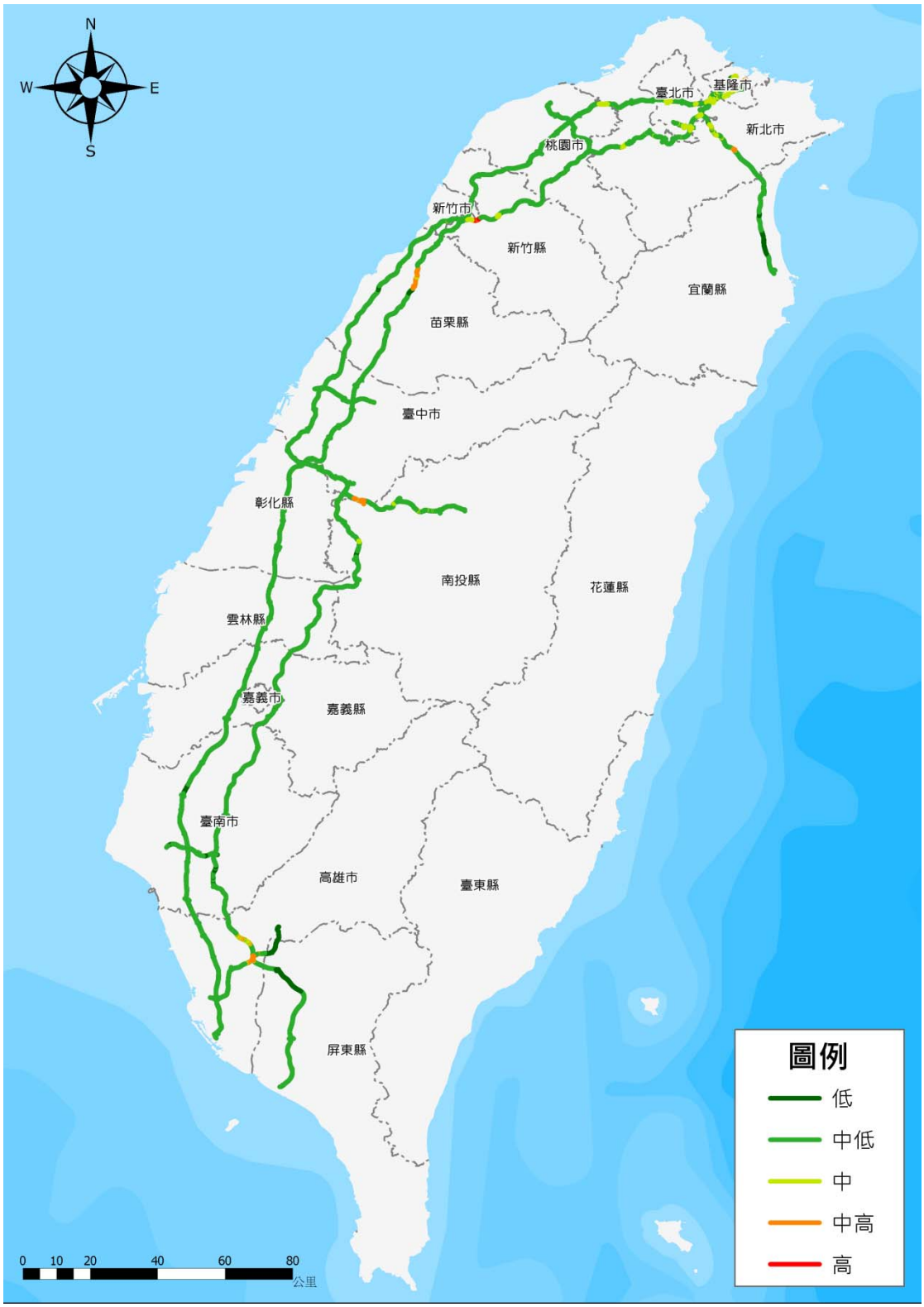


附圖 6.3.5 國道情境 5-淹水風險地圖

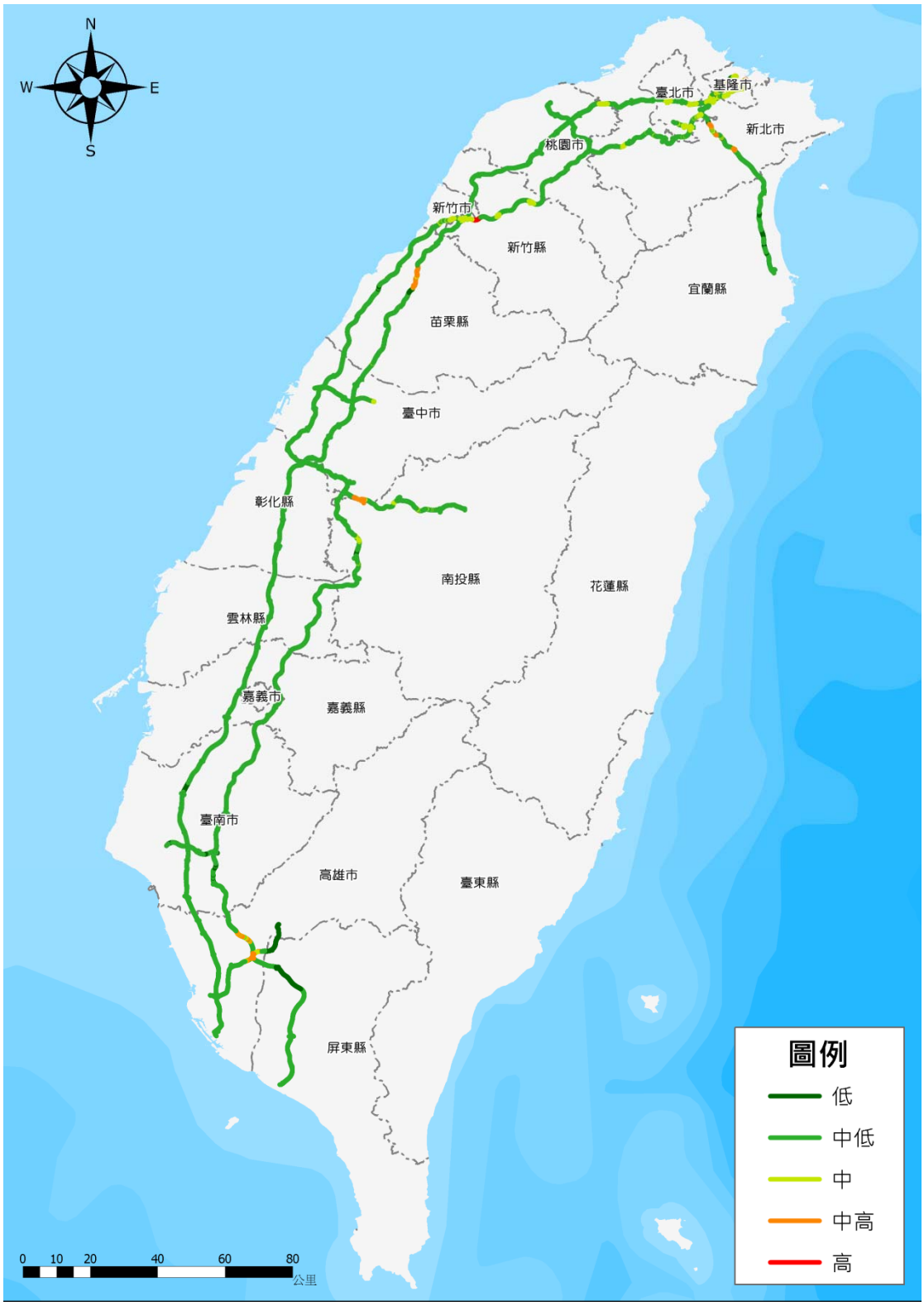


附圖 6.3.6 國道情境 6-淹水風險地圖

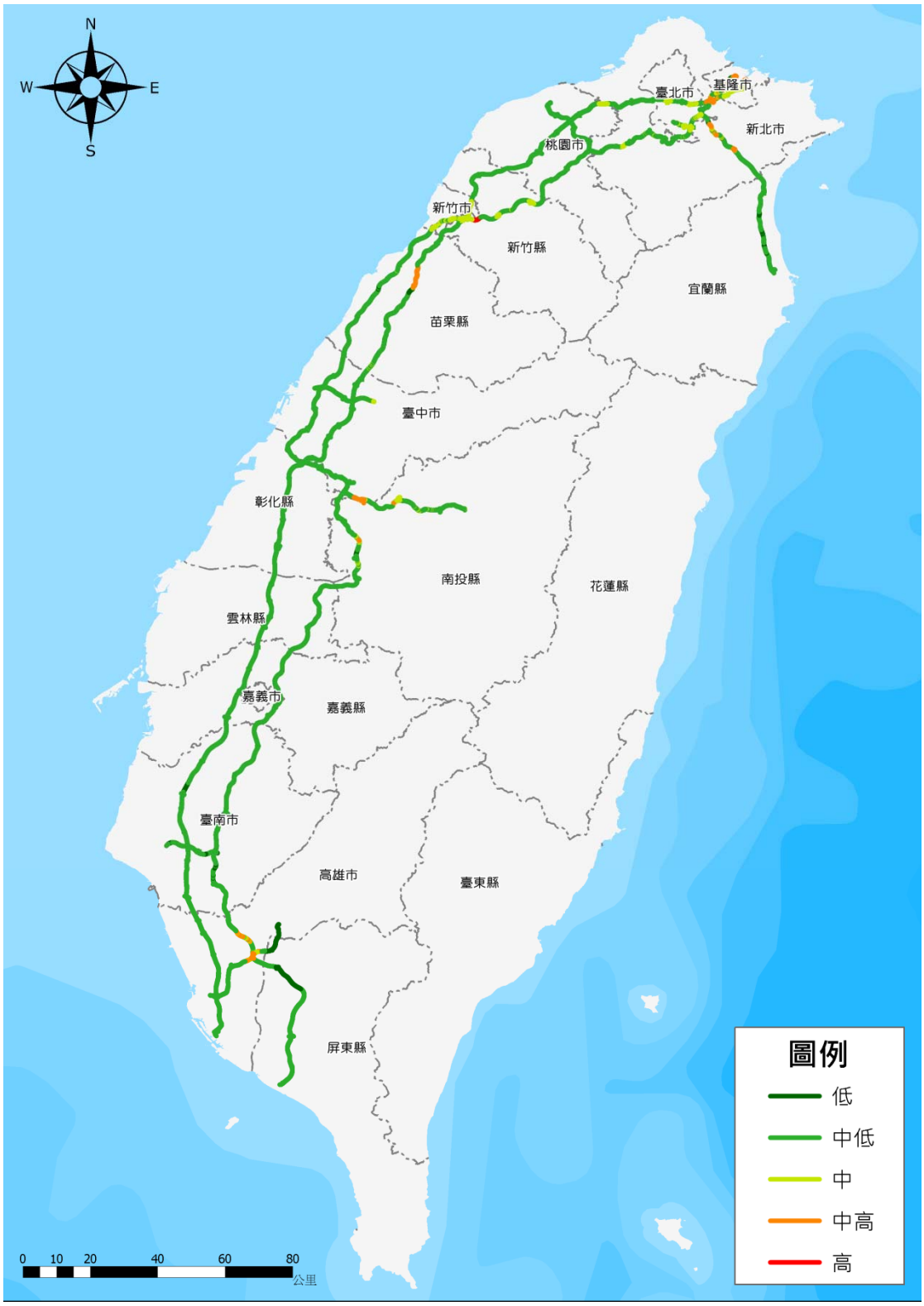
(2)坡災



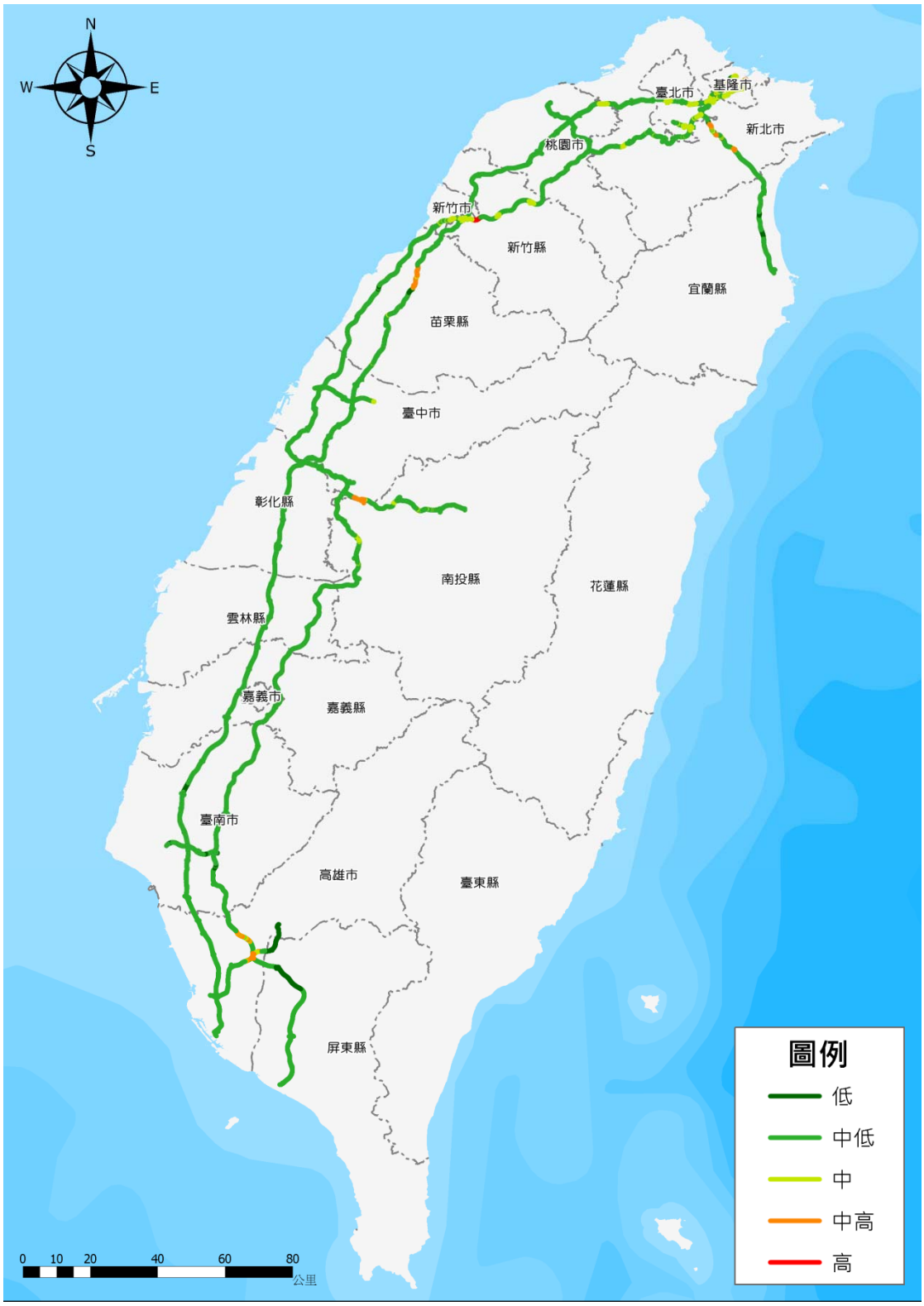
附圖 6.3.7 國道情境 1-坡災風險地圖



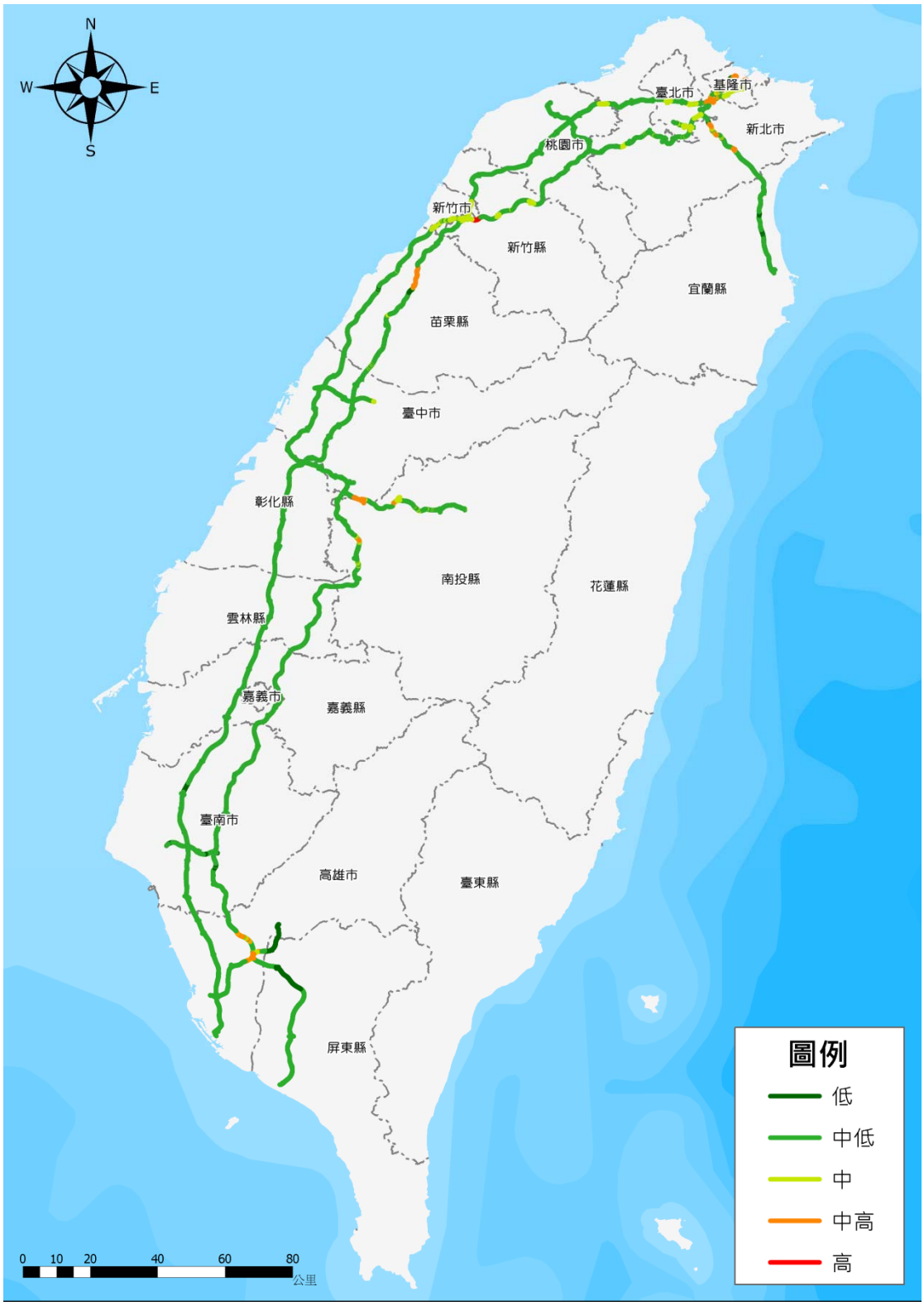
附圖 6.3.8 國道情境 2-坡災風險地圖



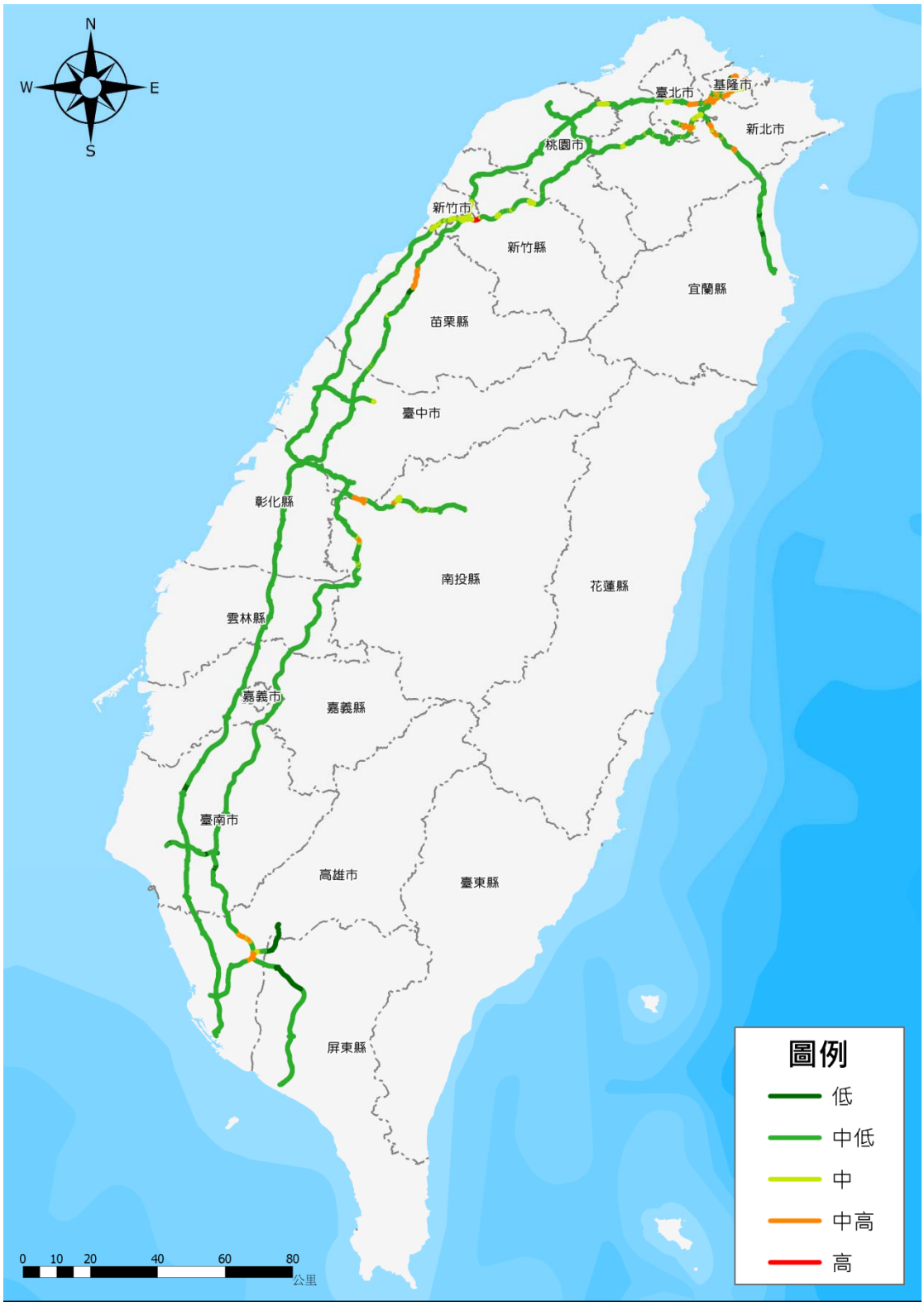
附圖 6.3.9 國道情境 3-坡災風險地圖



附圖 6.3.10 國道情境 4-坡災風險地圖



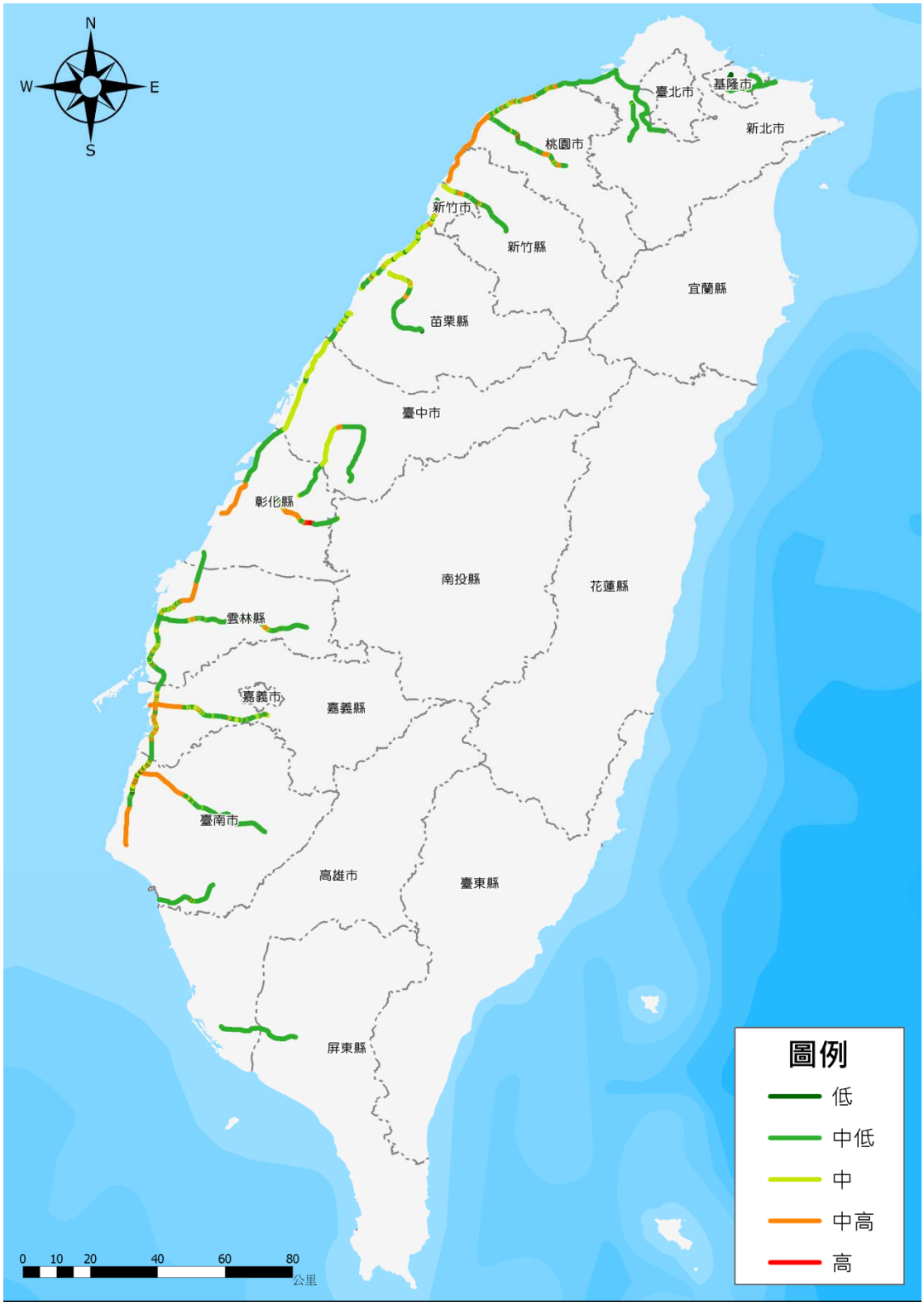
附圖 6.3.11 國道情境 5-坡災風險地圖



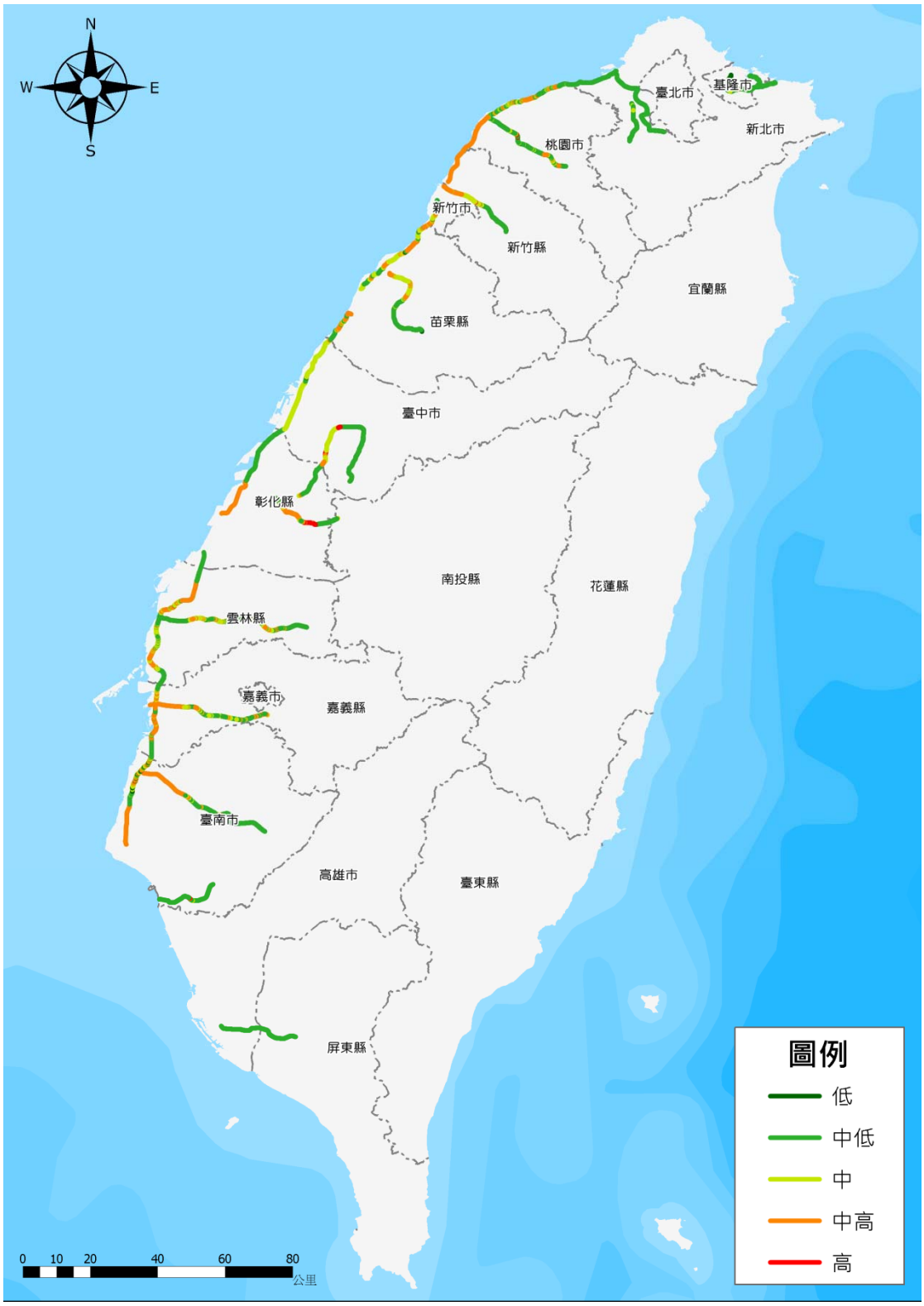
附圖 6.3.12 國道情境 6-坡災風險地圖

2. 快速公路

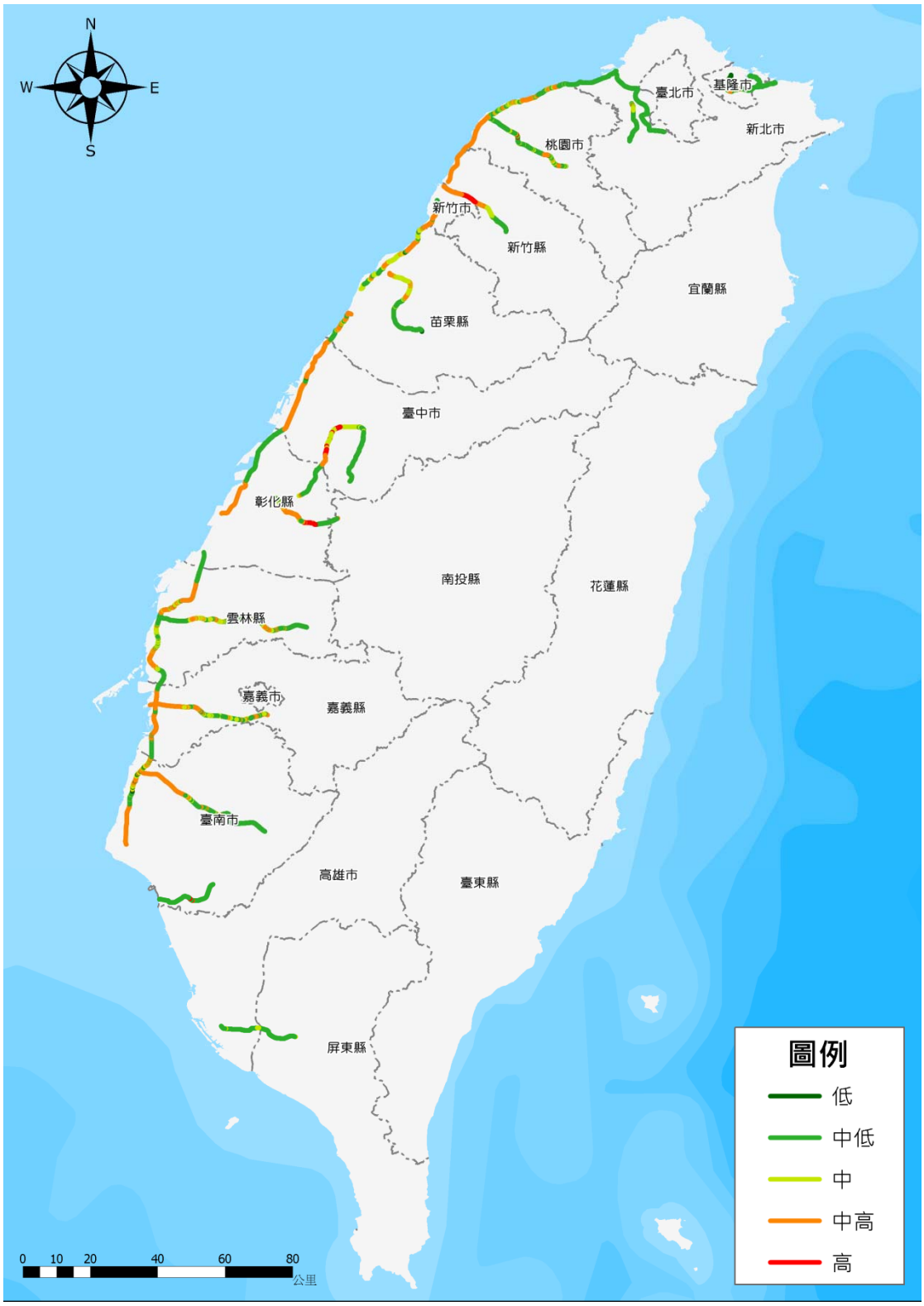
(1)淹水



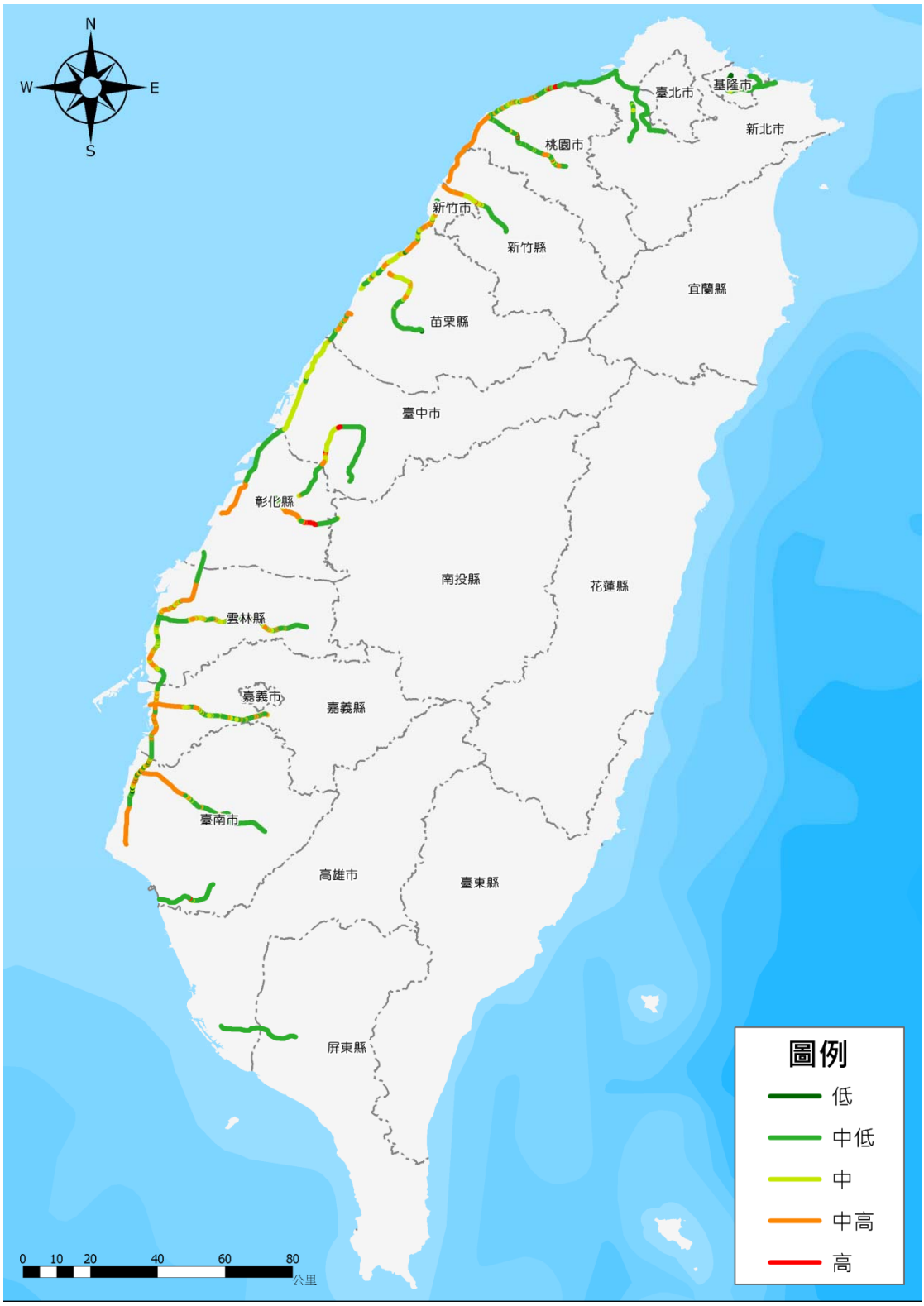
附圖 6.3.13 快速公路情境 1-淹水風險地圖



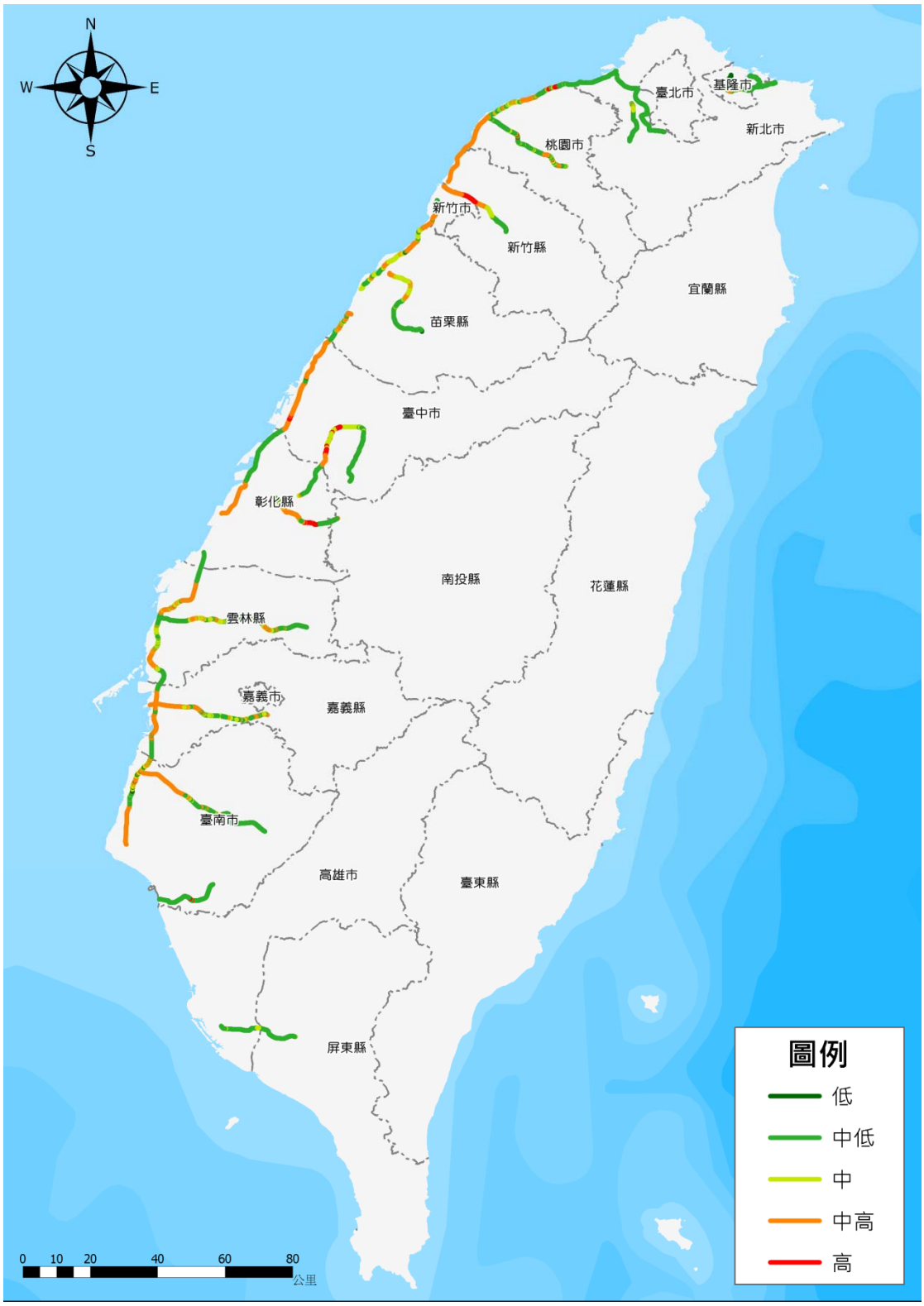
附圖 6.3.14 快速公路情境 2-淹水風險地圖



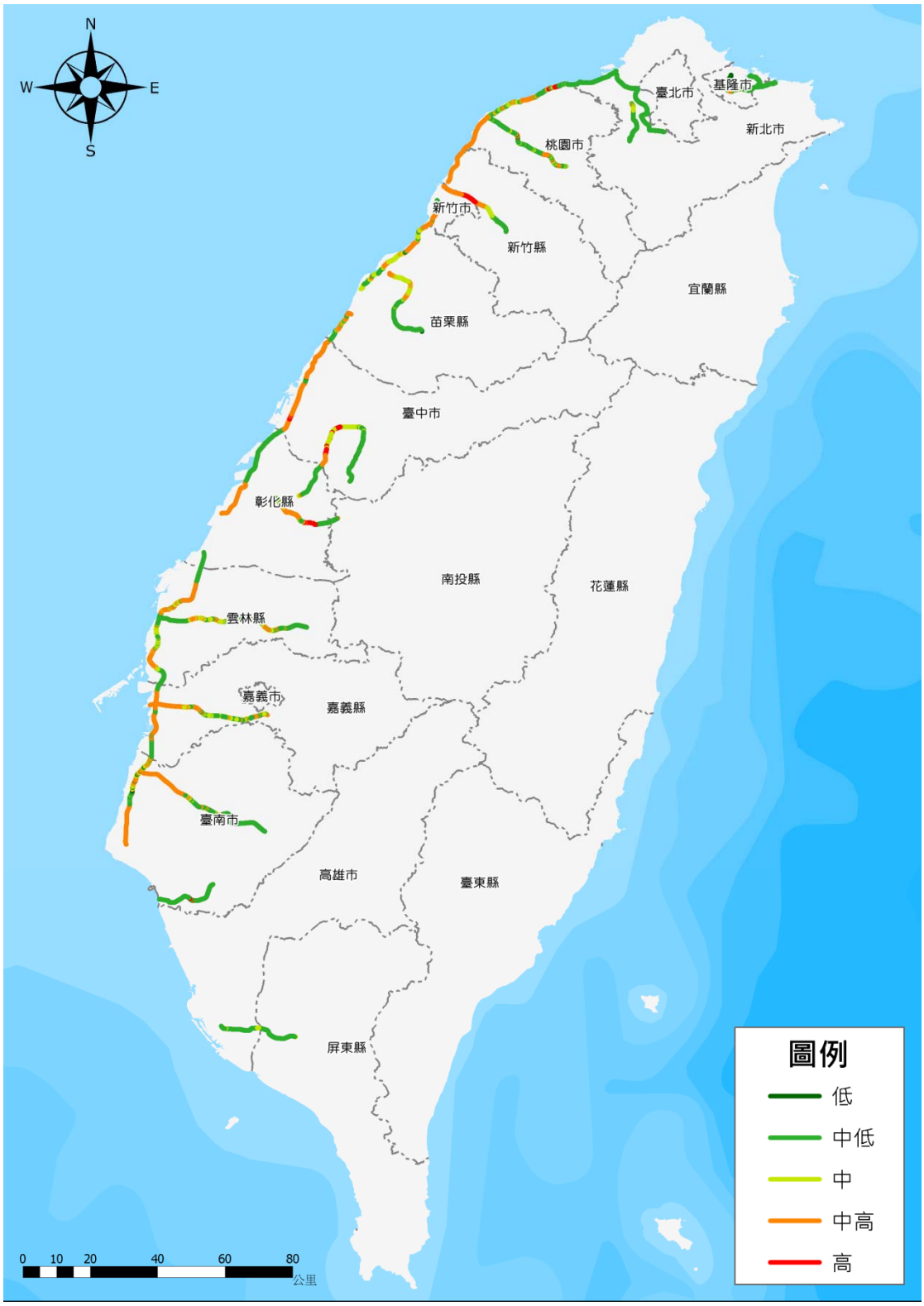
附圖 6.3.15 快速公路情境 3-淹水風險地圖



附圖 6.3.16 快速公路情境 4-淹水風險地圖

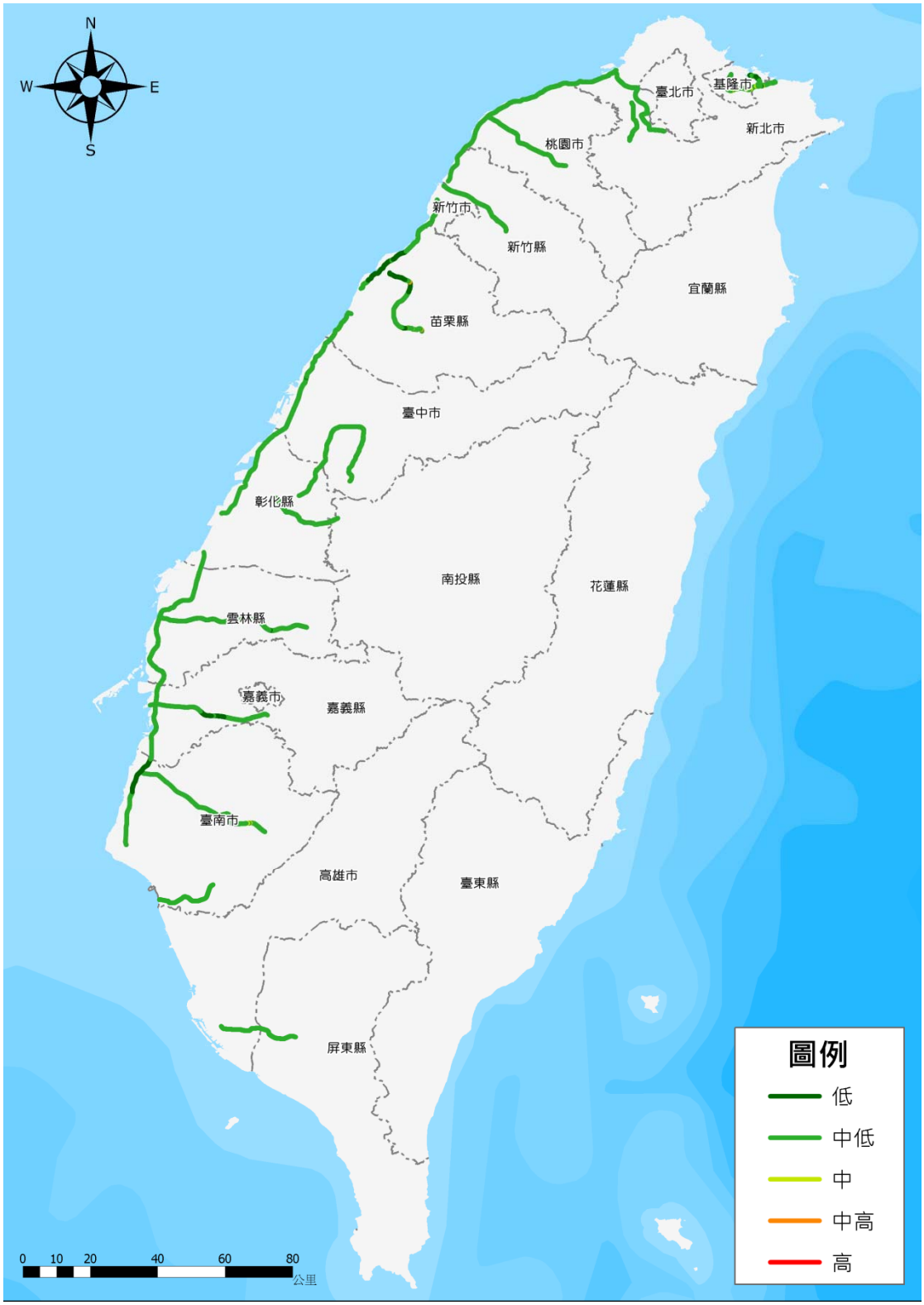


附圖 6.3.17 快速公路情境 5-淹水風險地圖

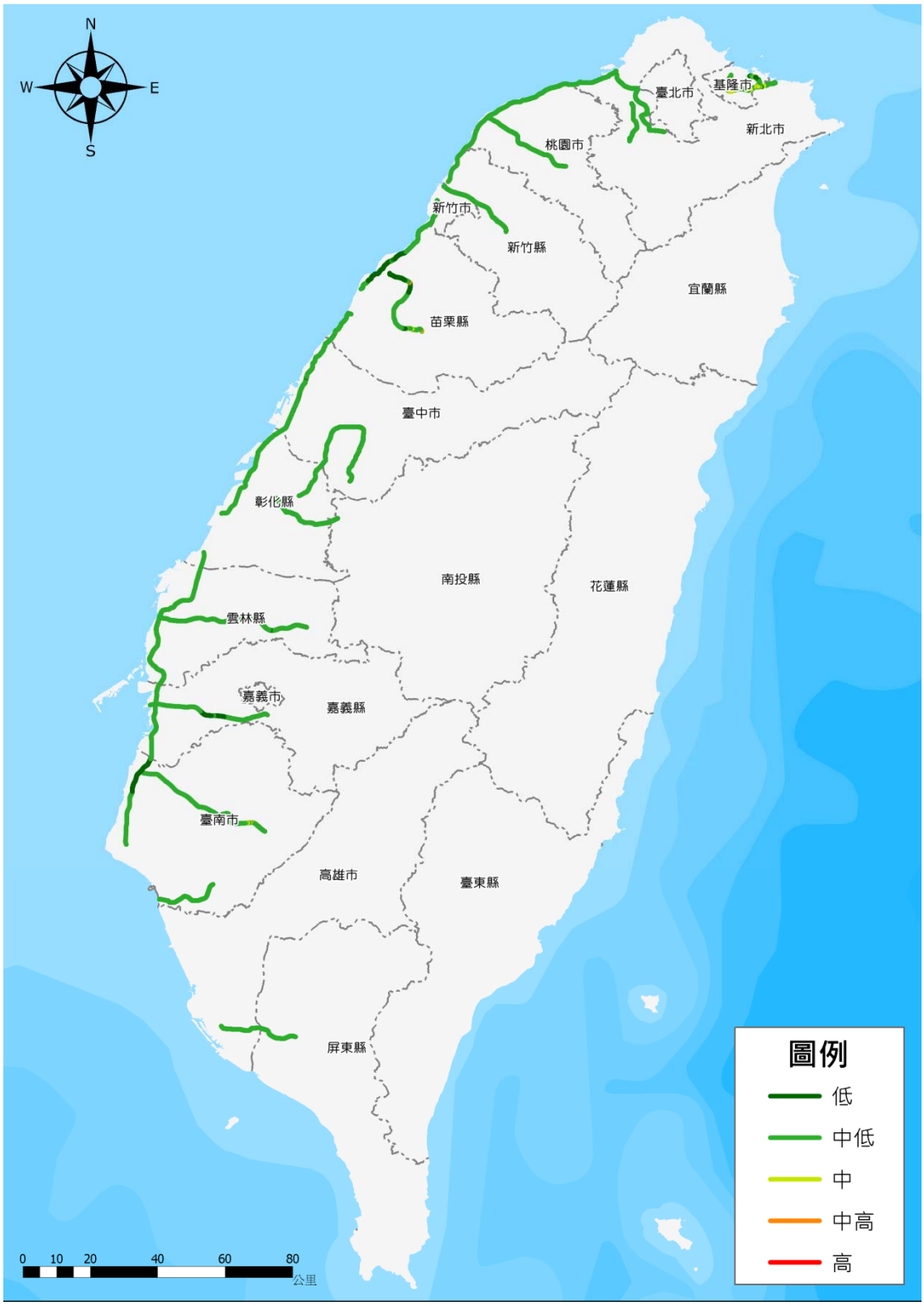


附圖 6.3.18 快速公路情境 6-淹水風險地圖

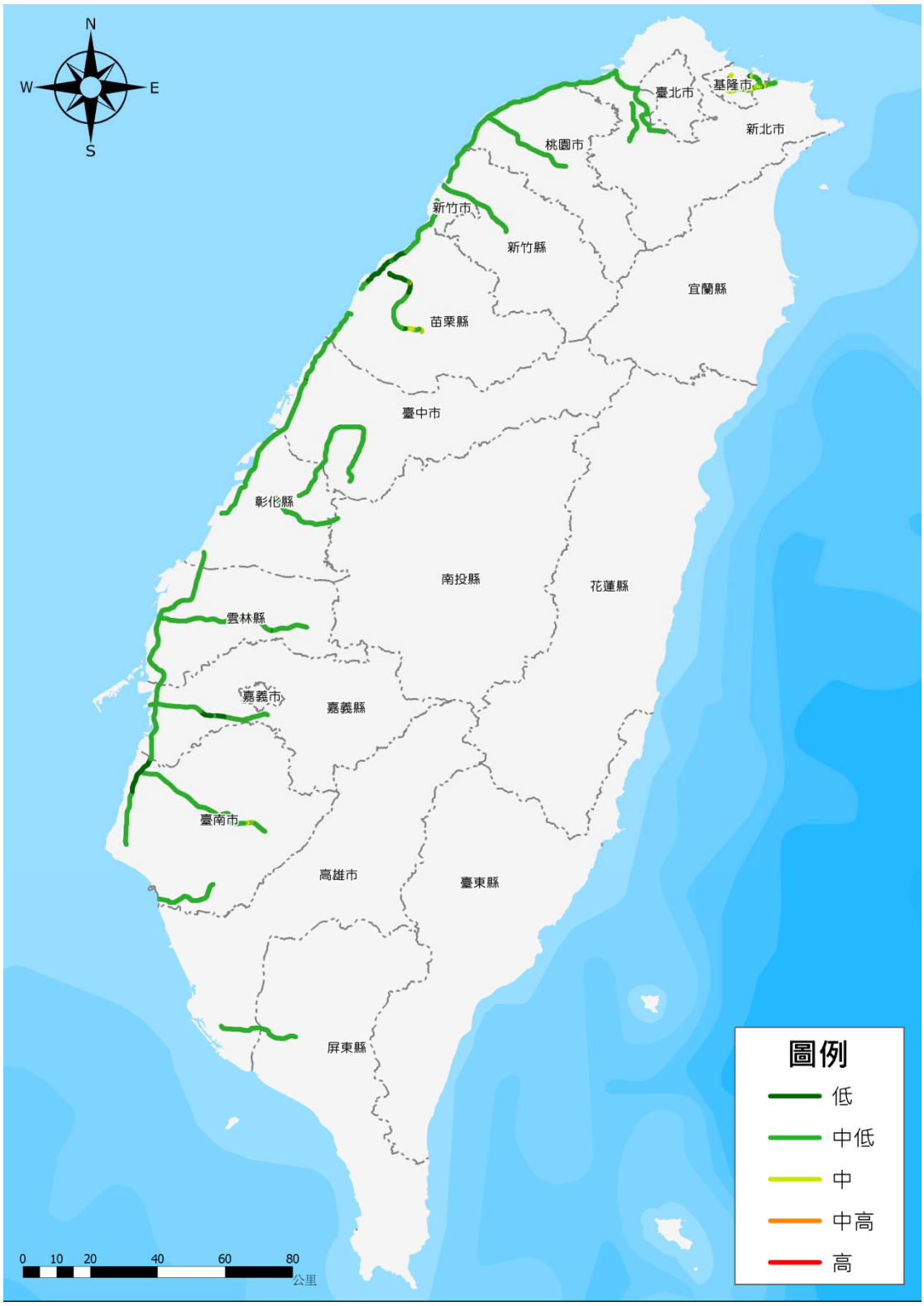
(2)坡災風險地圖



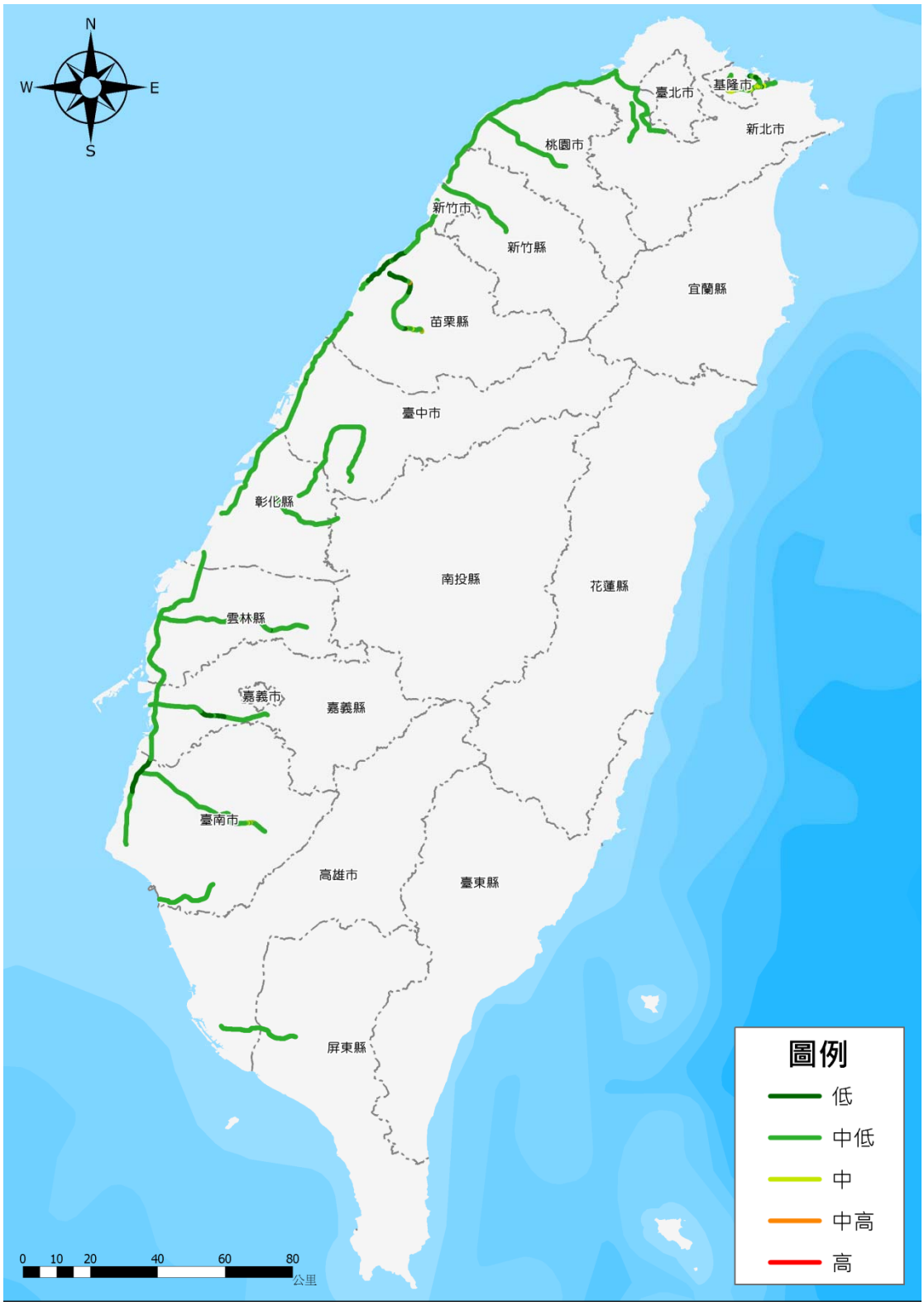
附圖 6.3.19 快速公路情境 1-坡災風險地圖



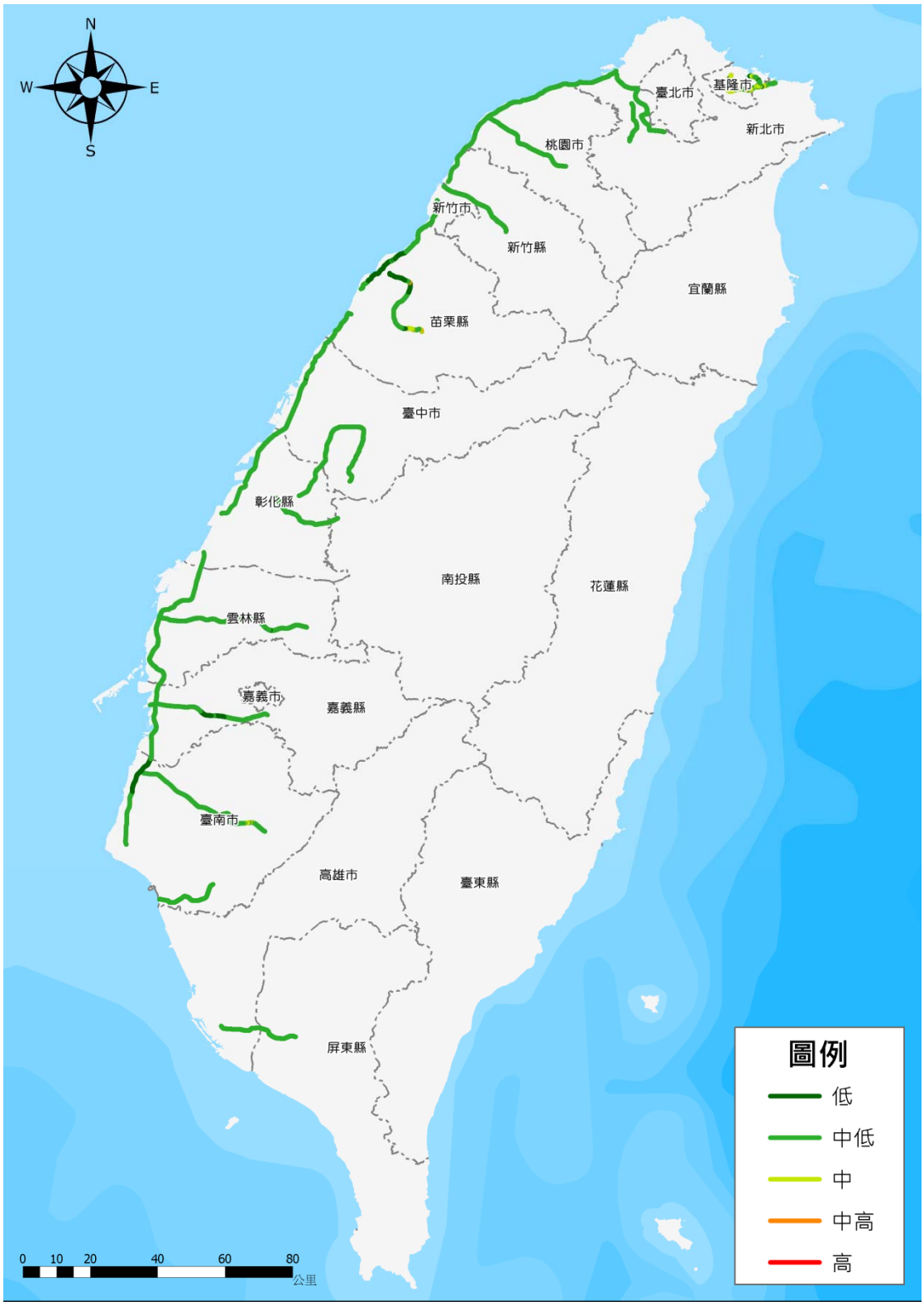
附圖 6.3.20 快速公路情境 2-坡災風險地圖



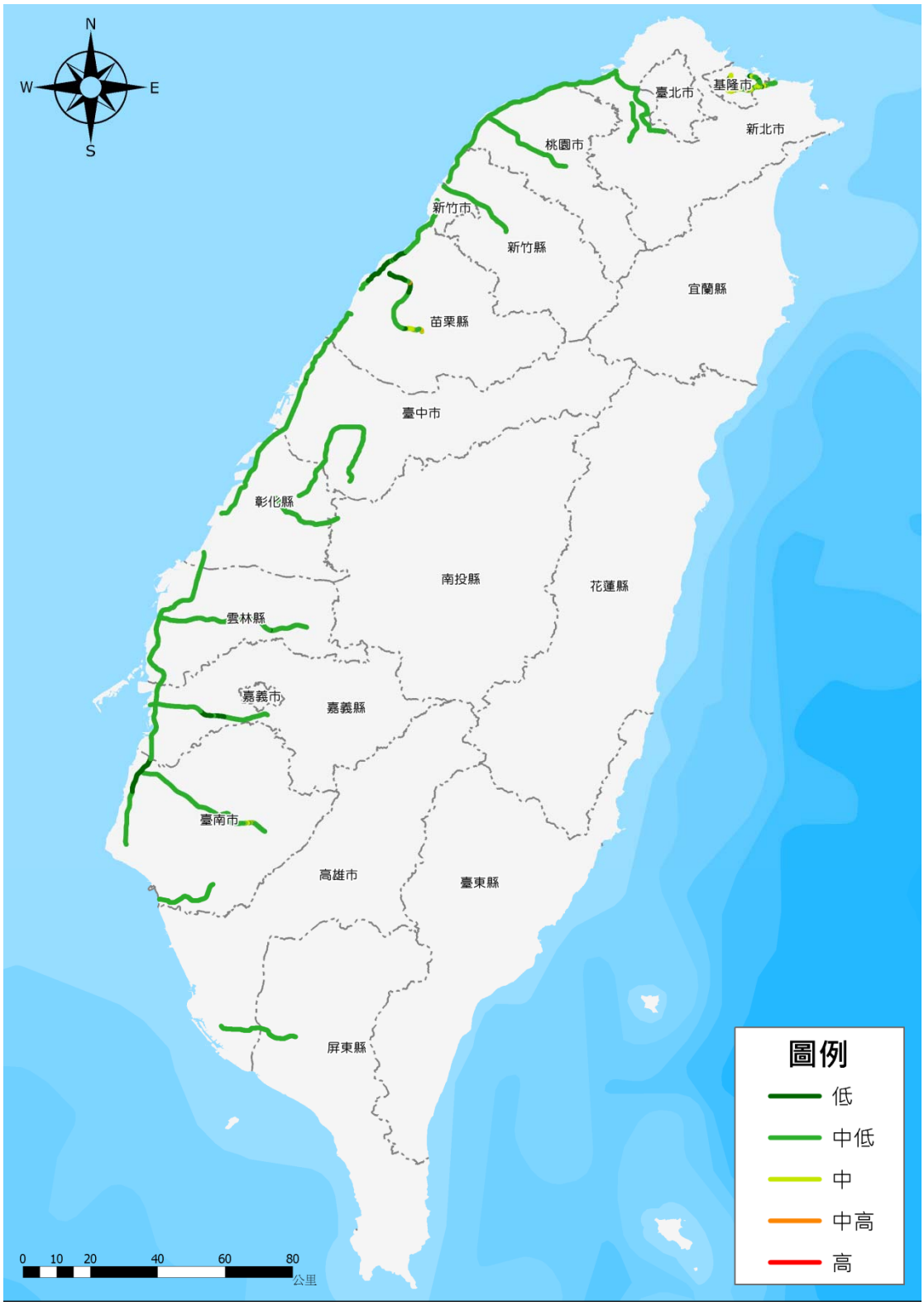
附圖 6.3.21 快速公路情境 3-坡災風險地圖



附圖 6.3.22 快速公路情境 4-坡災風險地圖



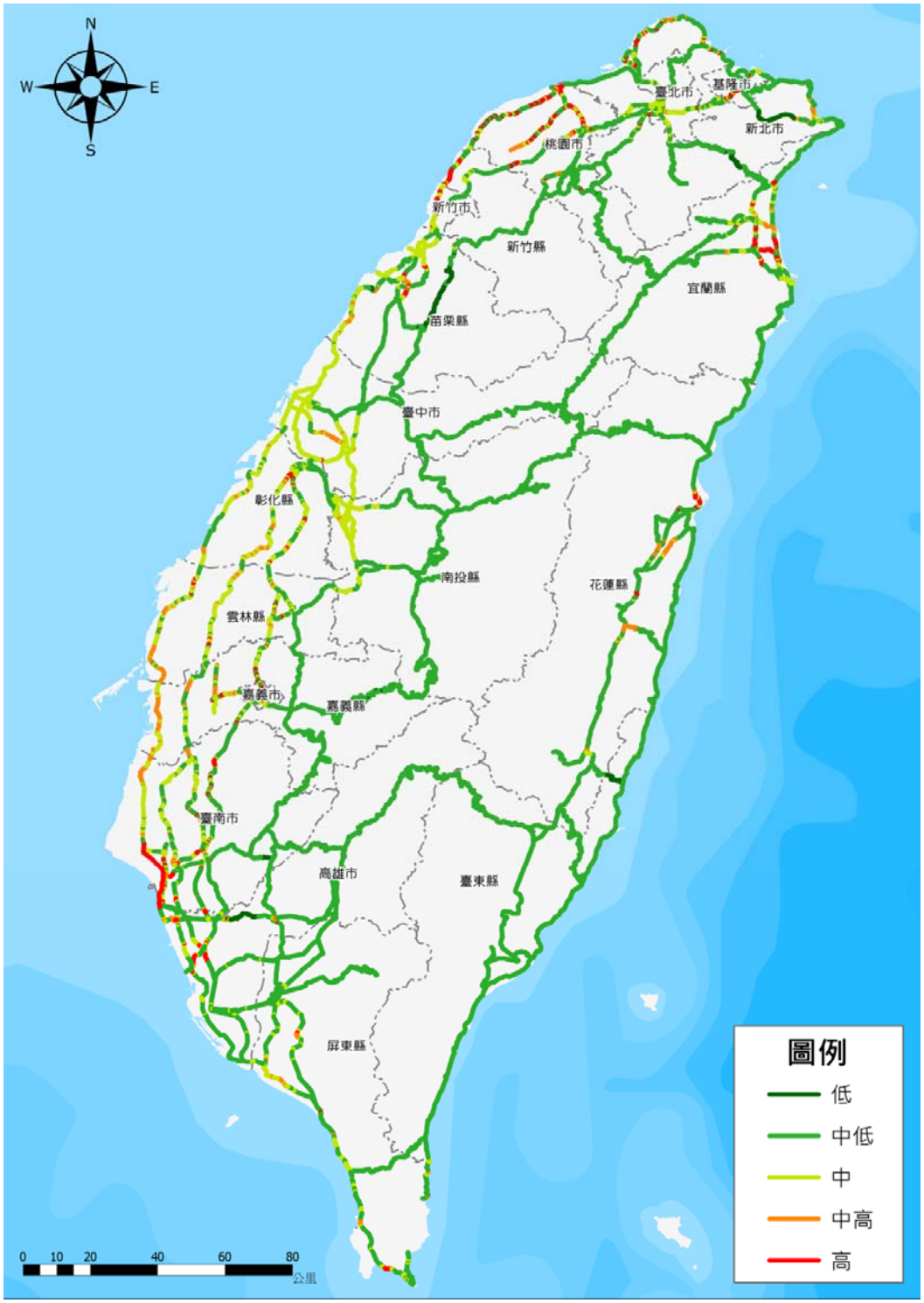
附圖 6.3.23 快速公路情境 5-坡災風險地圖



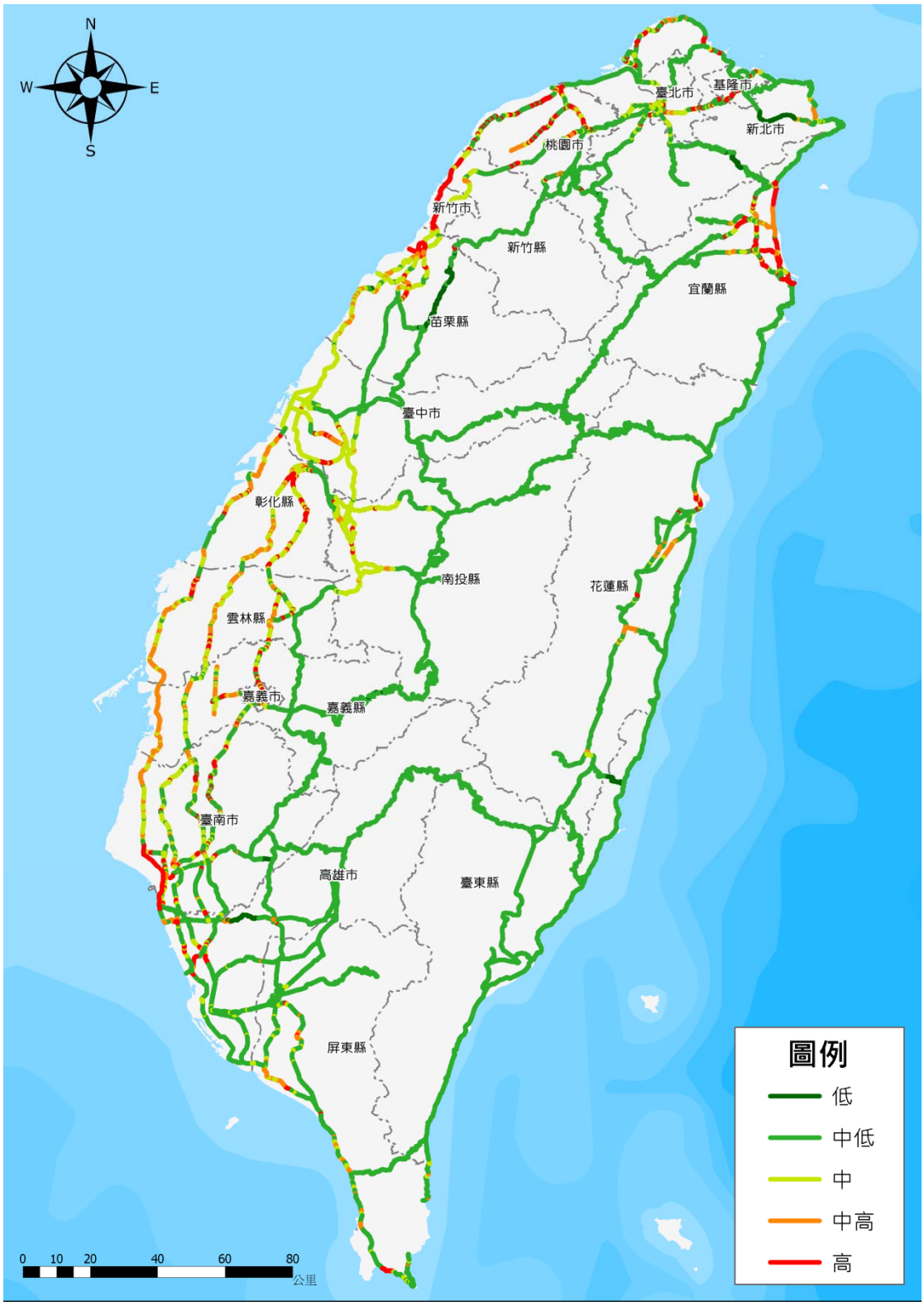
附圖 6.3.24 快速公路情境 6-坡災風險地圖

3. 省道

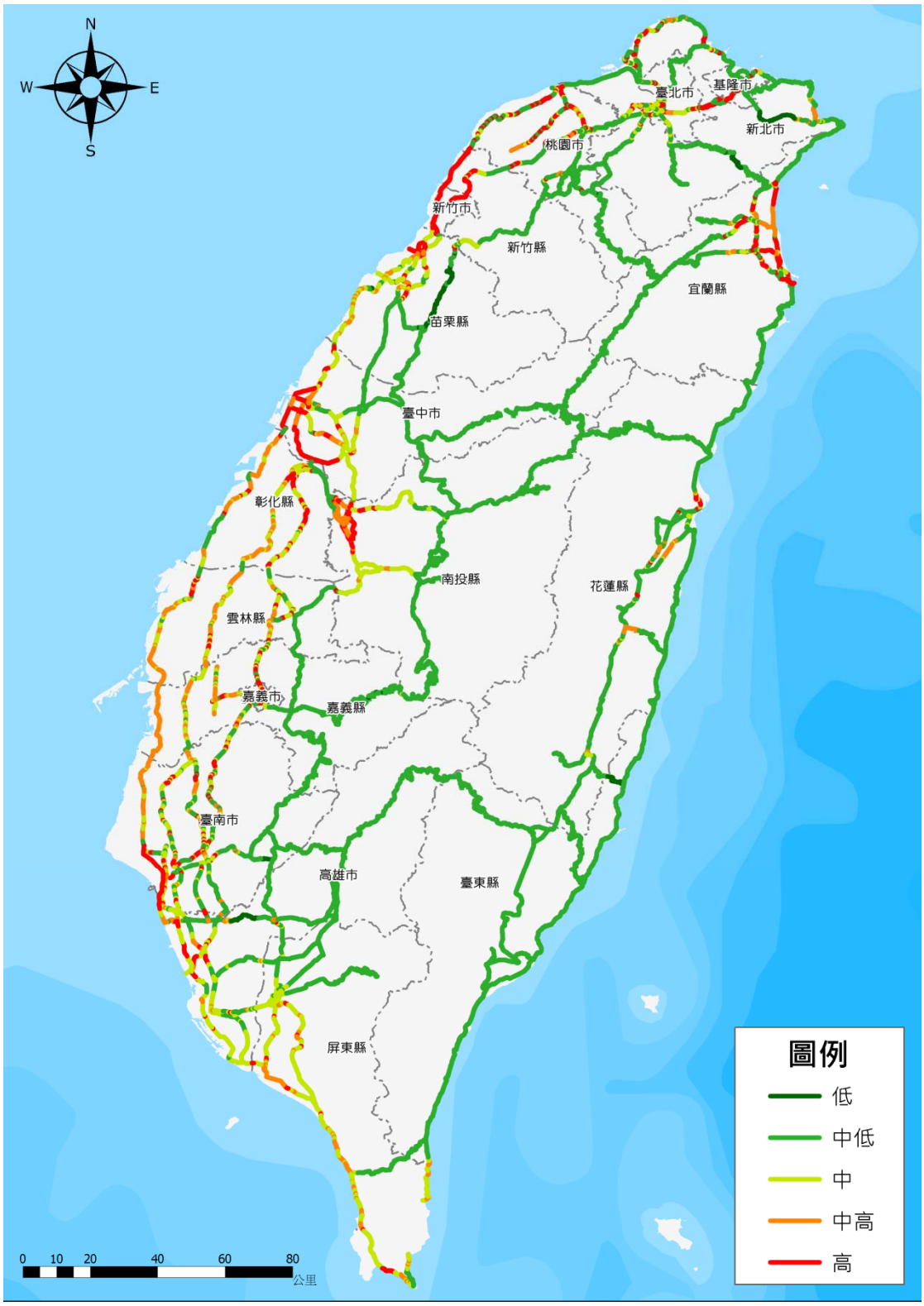
(1)淹水



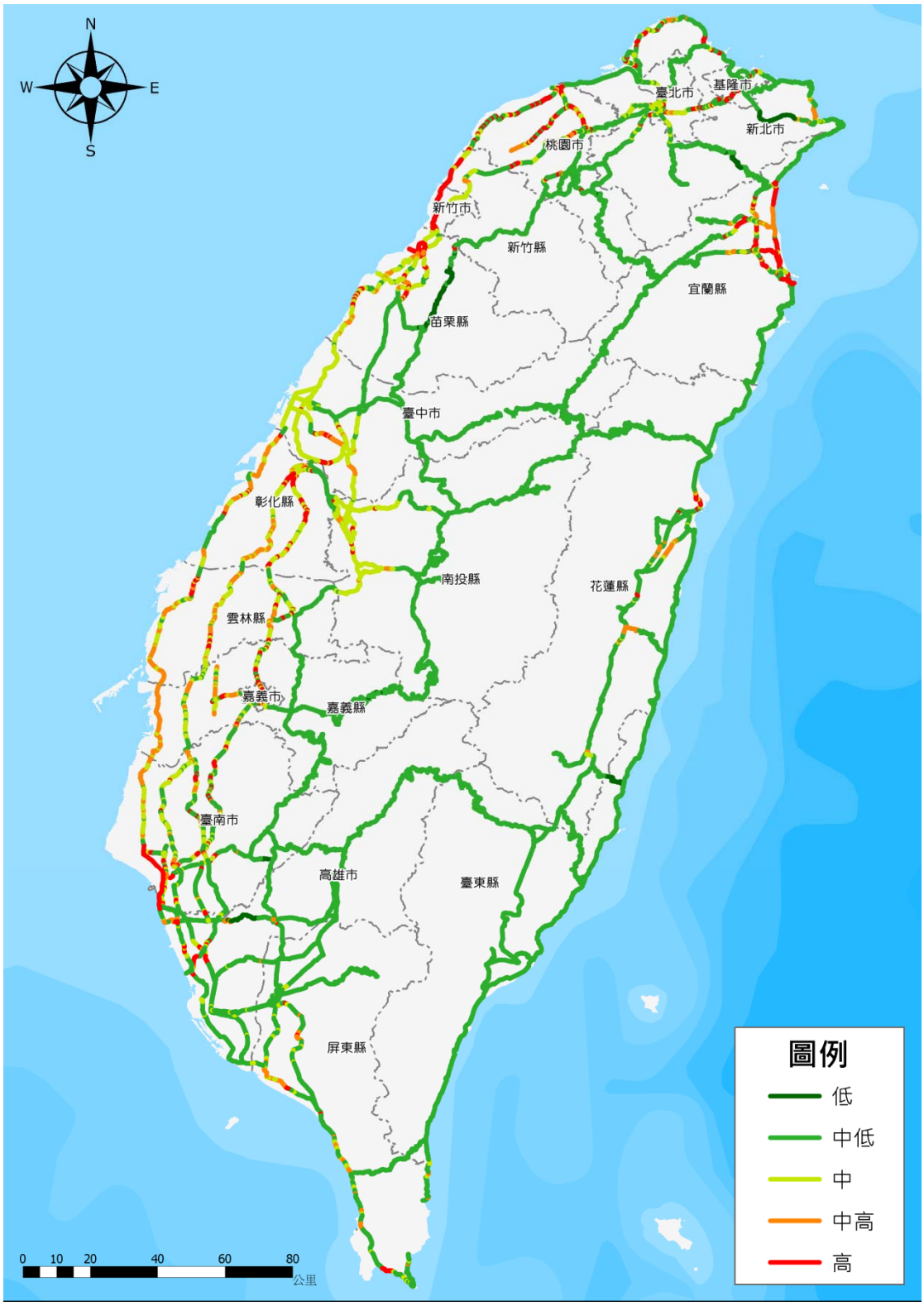
附圖 6.3.25 省道情境 1-淹水風險地圖



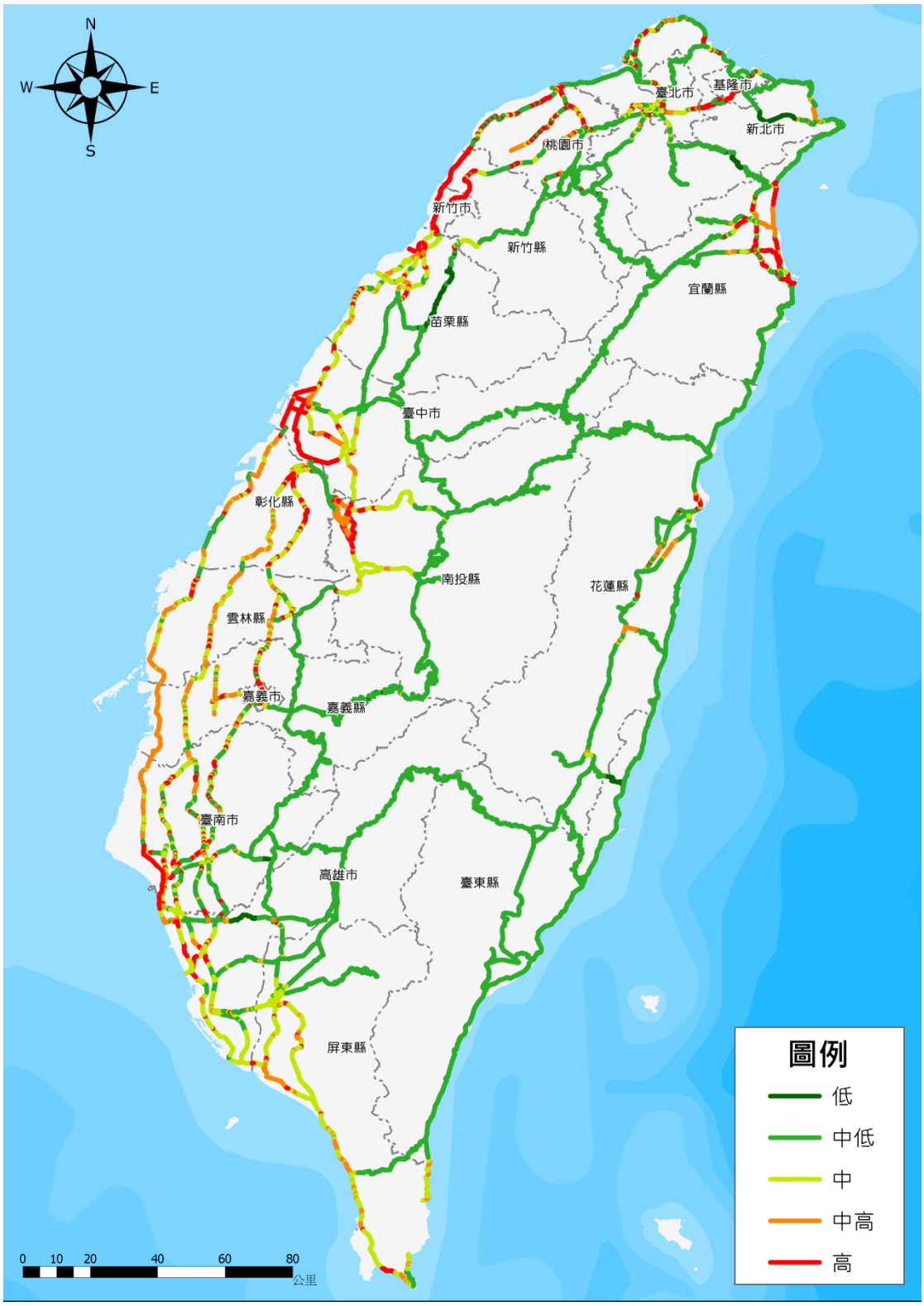
附圖 6.3.26 省道情境 2-淹水風險地圖



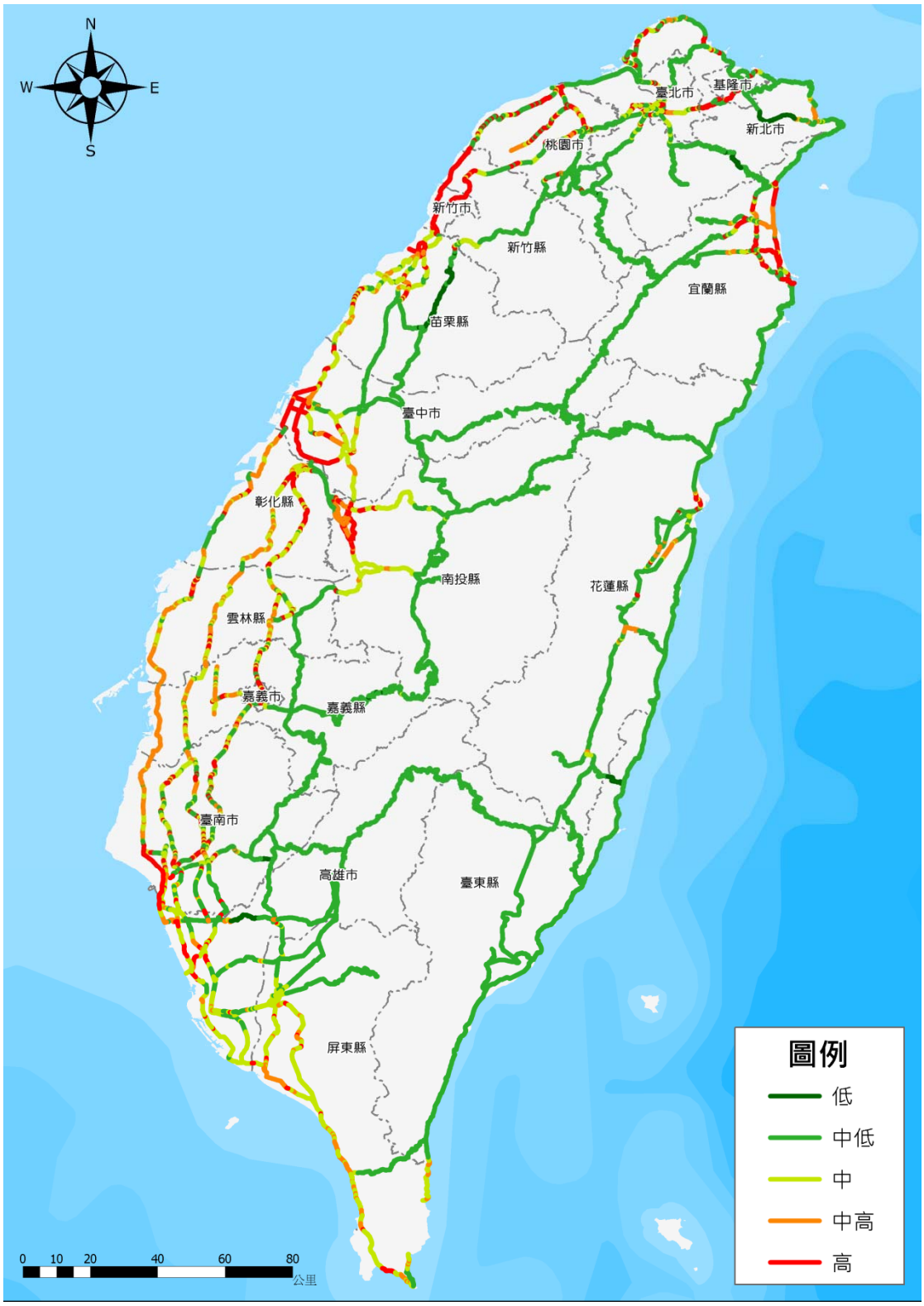
附圖 6.3.27 省道情境 3-淹水風險地圖



附圖 6.3.28 省道情境 4-淹水風險地圖

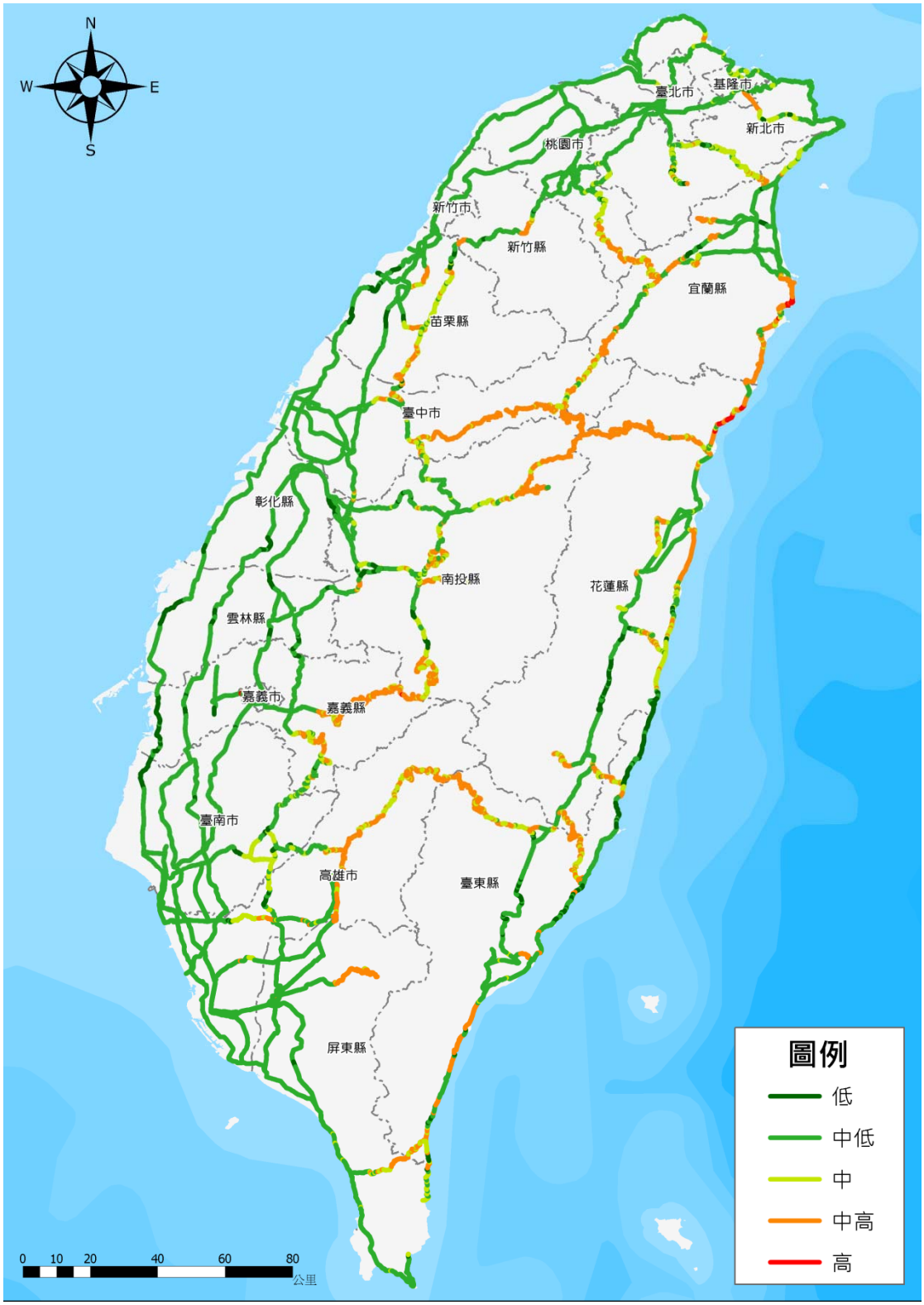


附圖 6.3.29 省道情境 5-淹水風險地圖

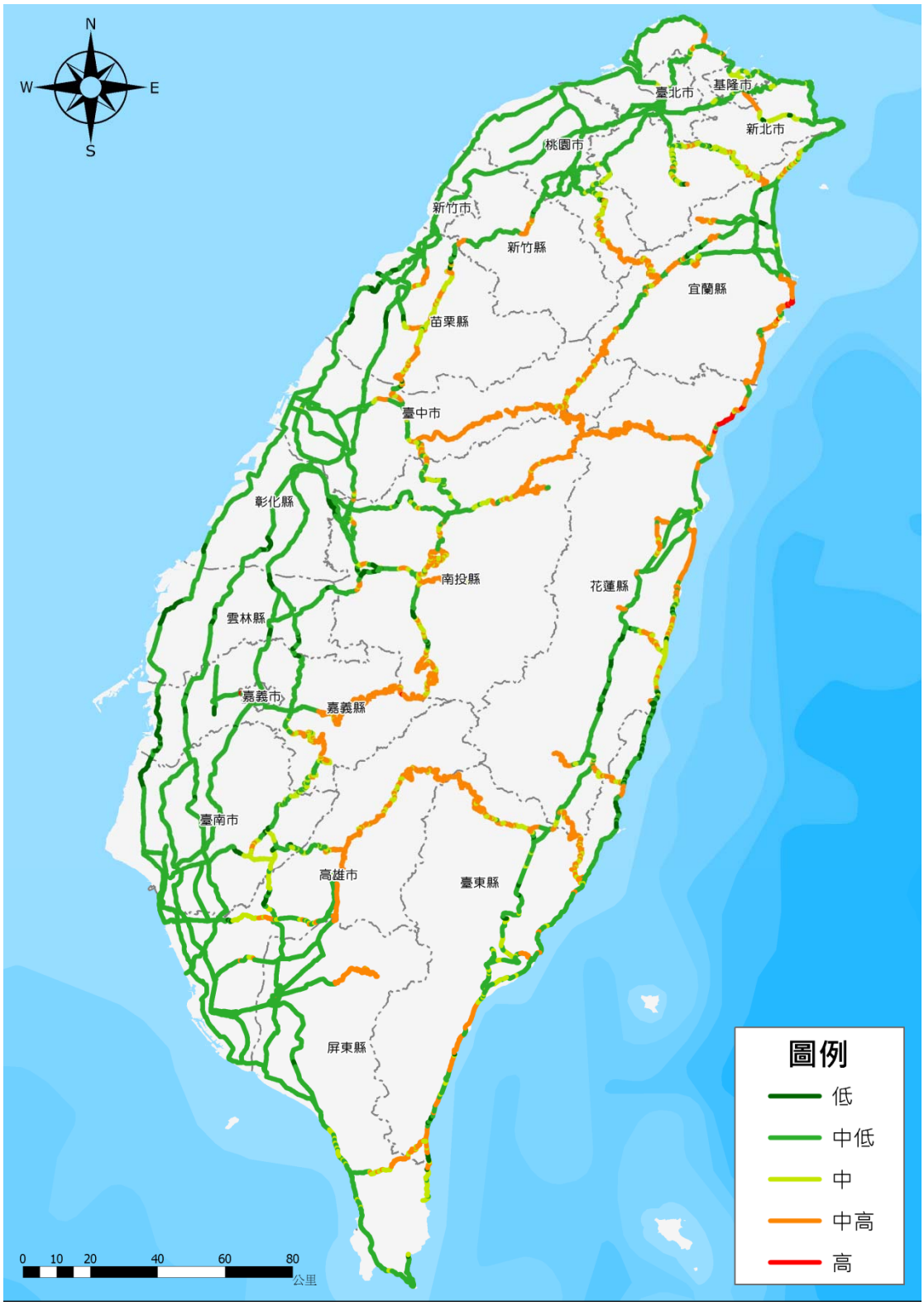


附圖 6.3.30 省道情境 6-淹水風險地圖

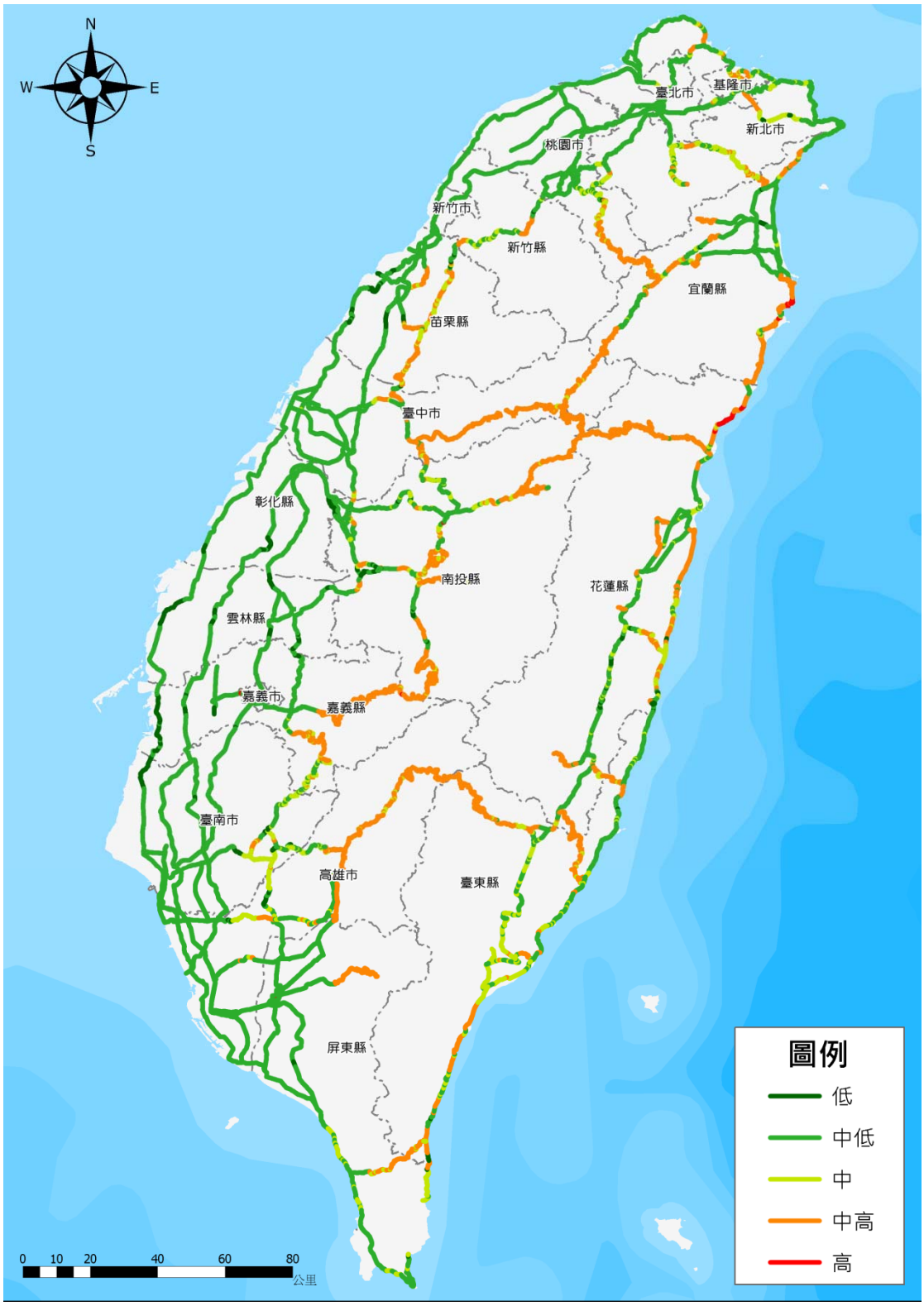
(2)坡災



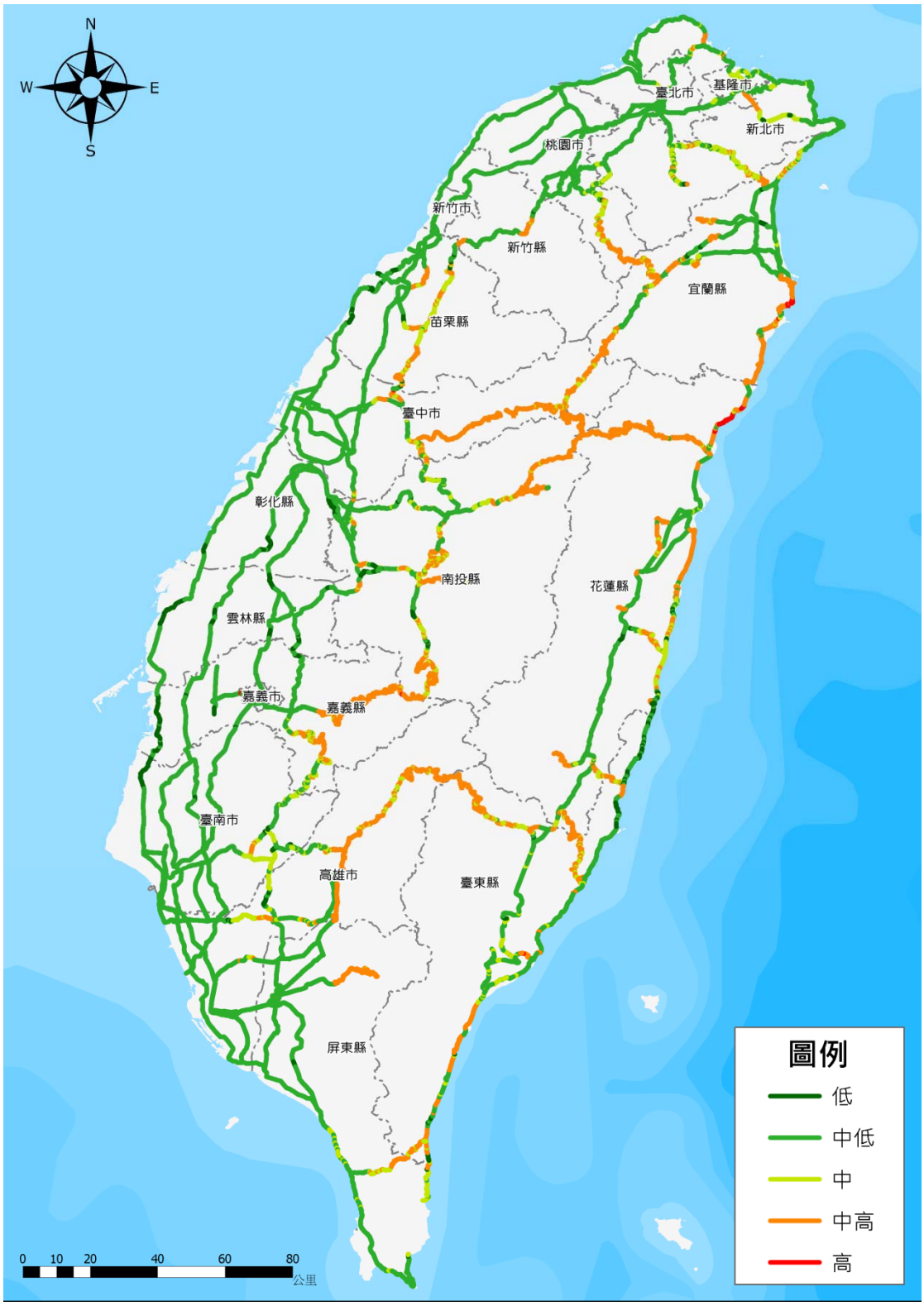
附圖 6.3.31 省道情境 1-坡災風險地圖



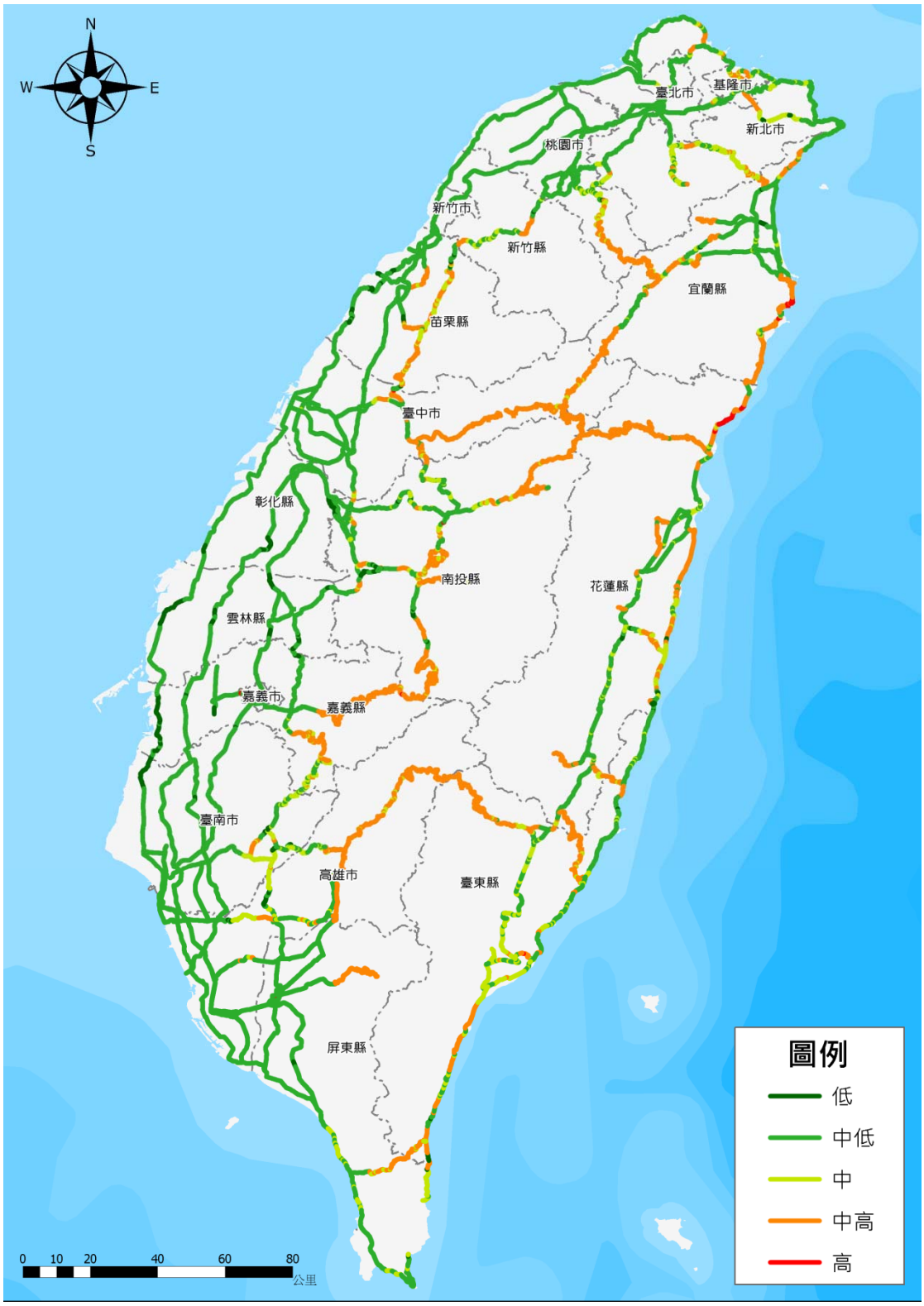
附圖 6.3.32 省道情境 2-坡災風險地圖



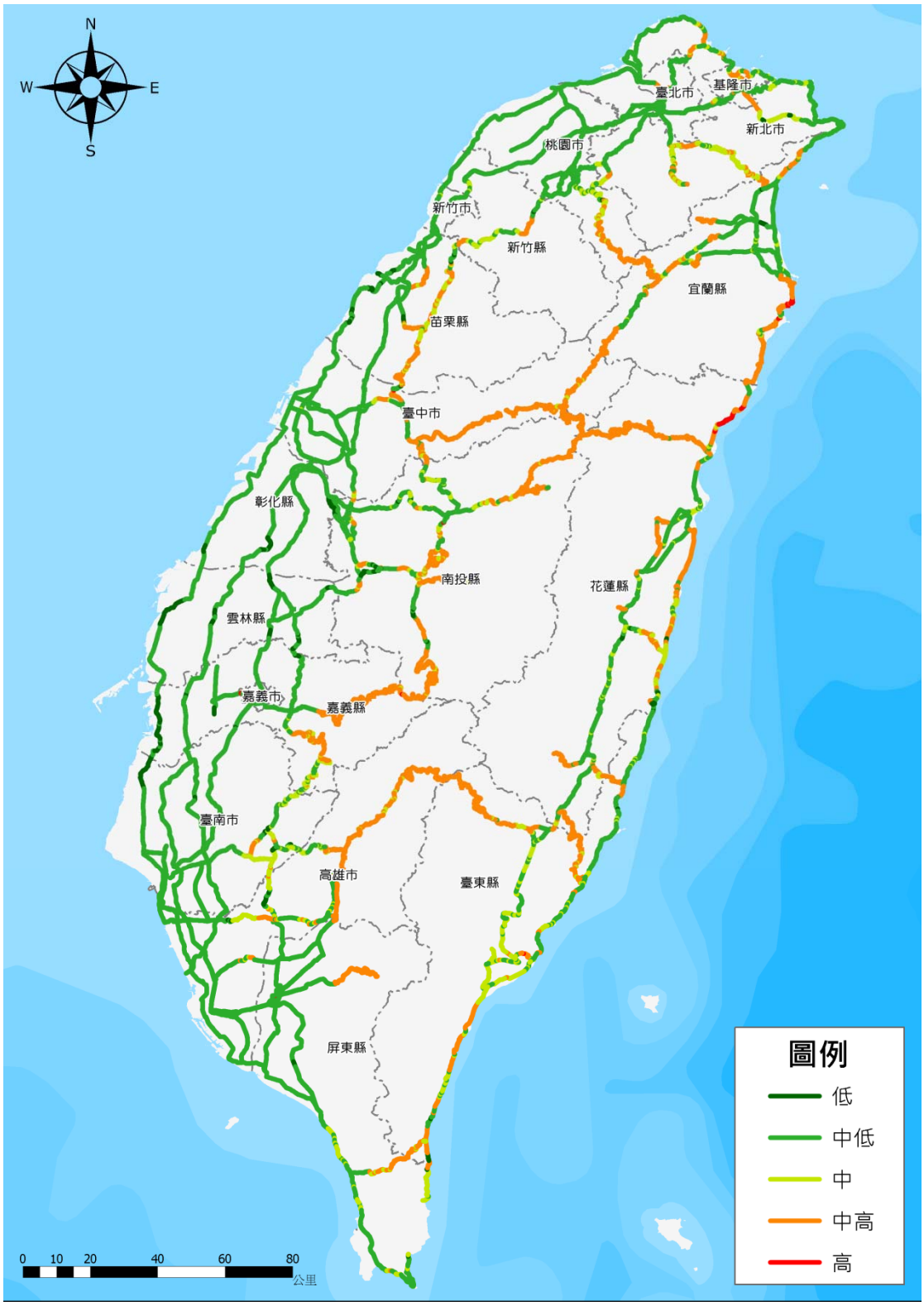
附圖 6.3.33 省道情境 3-坡災風險地圖



附圖 6.3.34 省道情境 4-坡災風險地圖



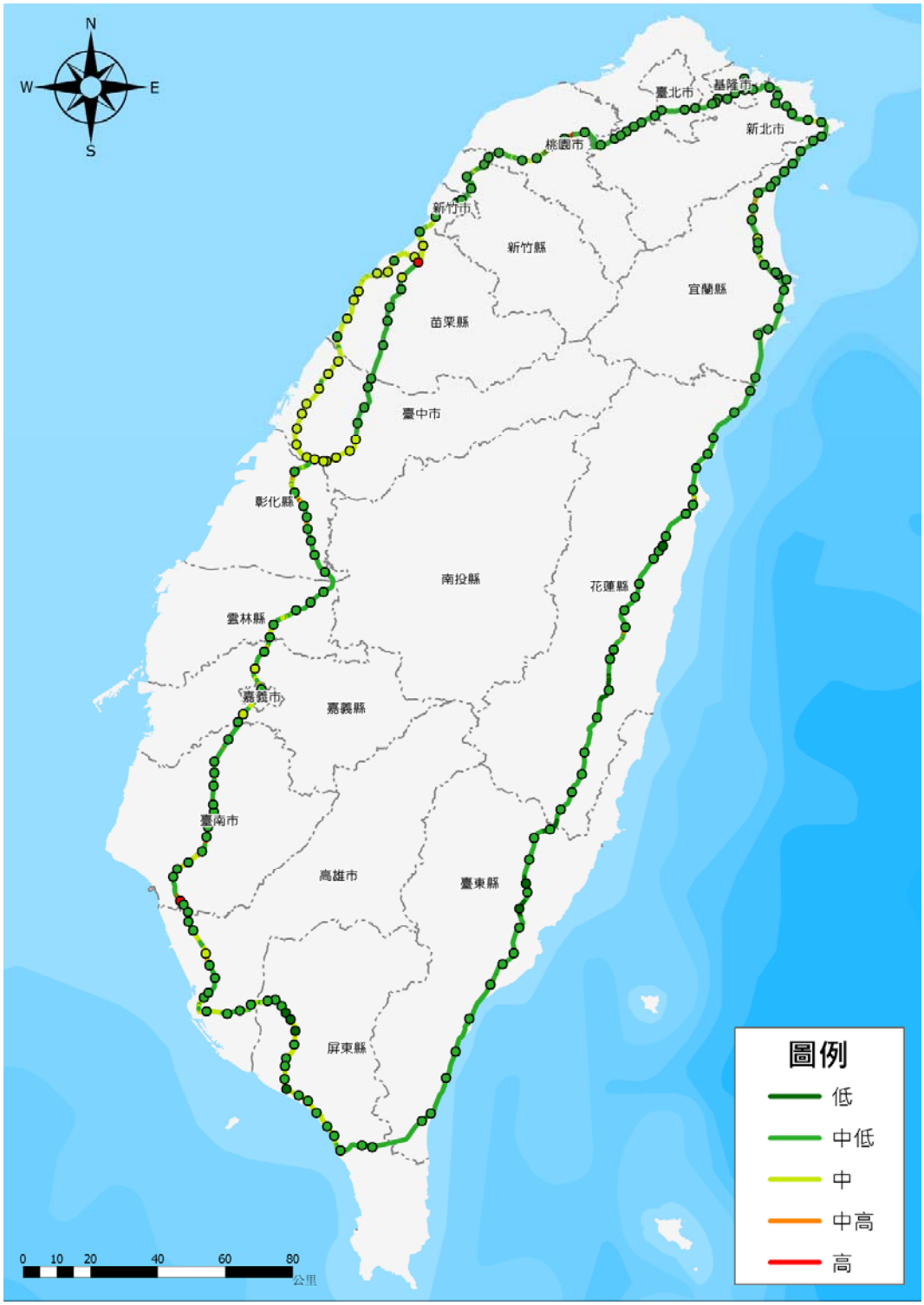
附圖 6.3.35 省道情境 5-坡災風險地圖



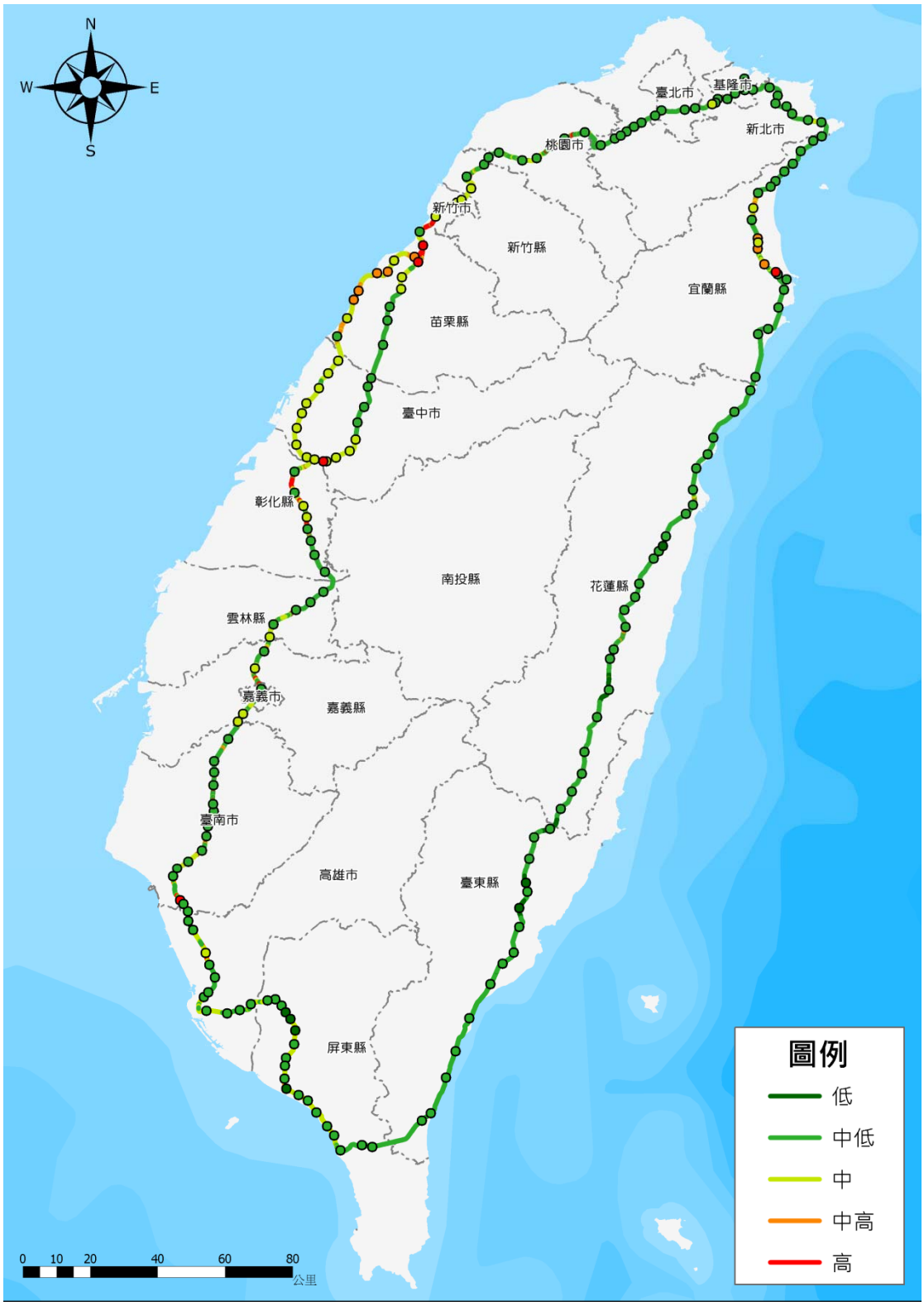
附圖 6.3.36 省道情境 6-坡災風險地圖

4. 臺鐵

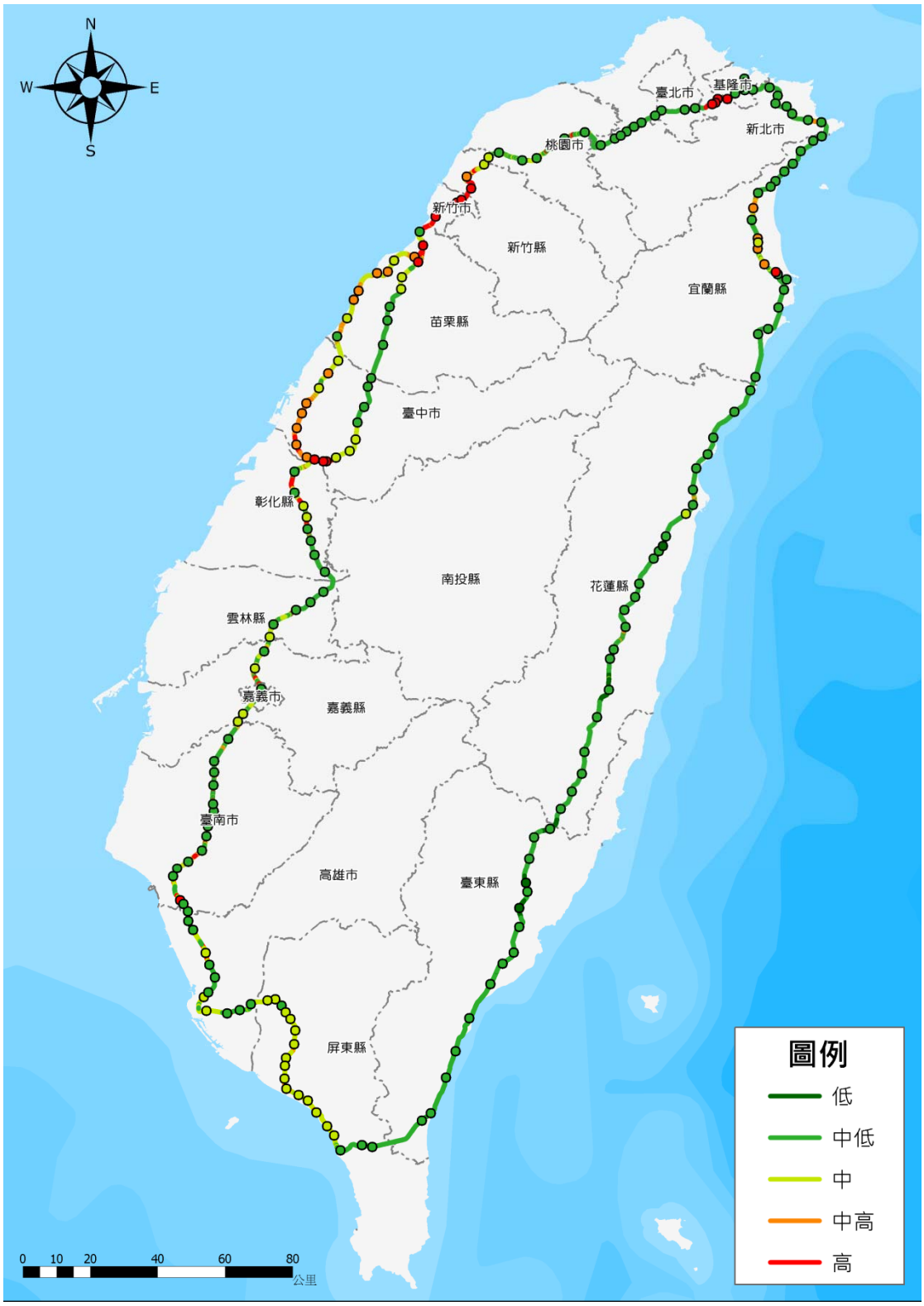
(1)淹水



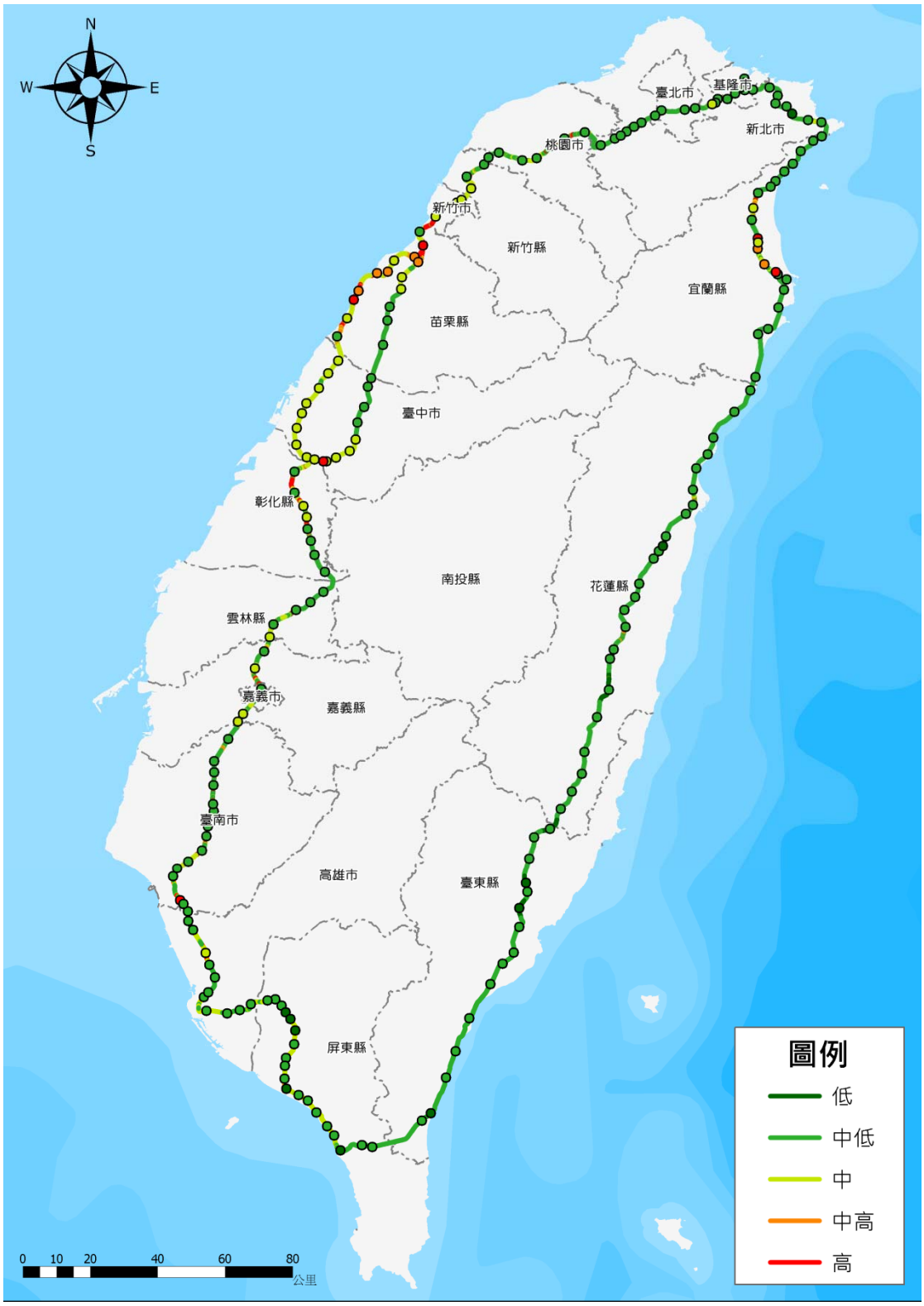
附圖 6.3.37 臺鐵情境 1-淹水風險地圖



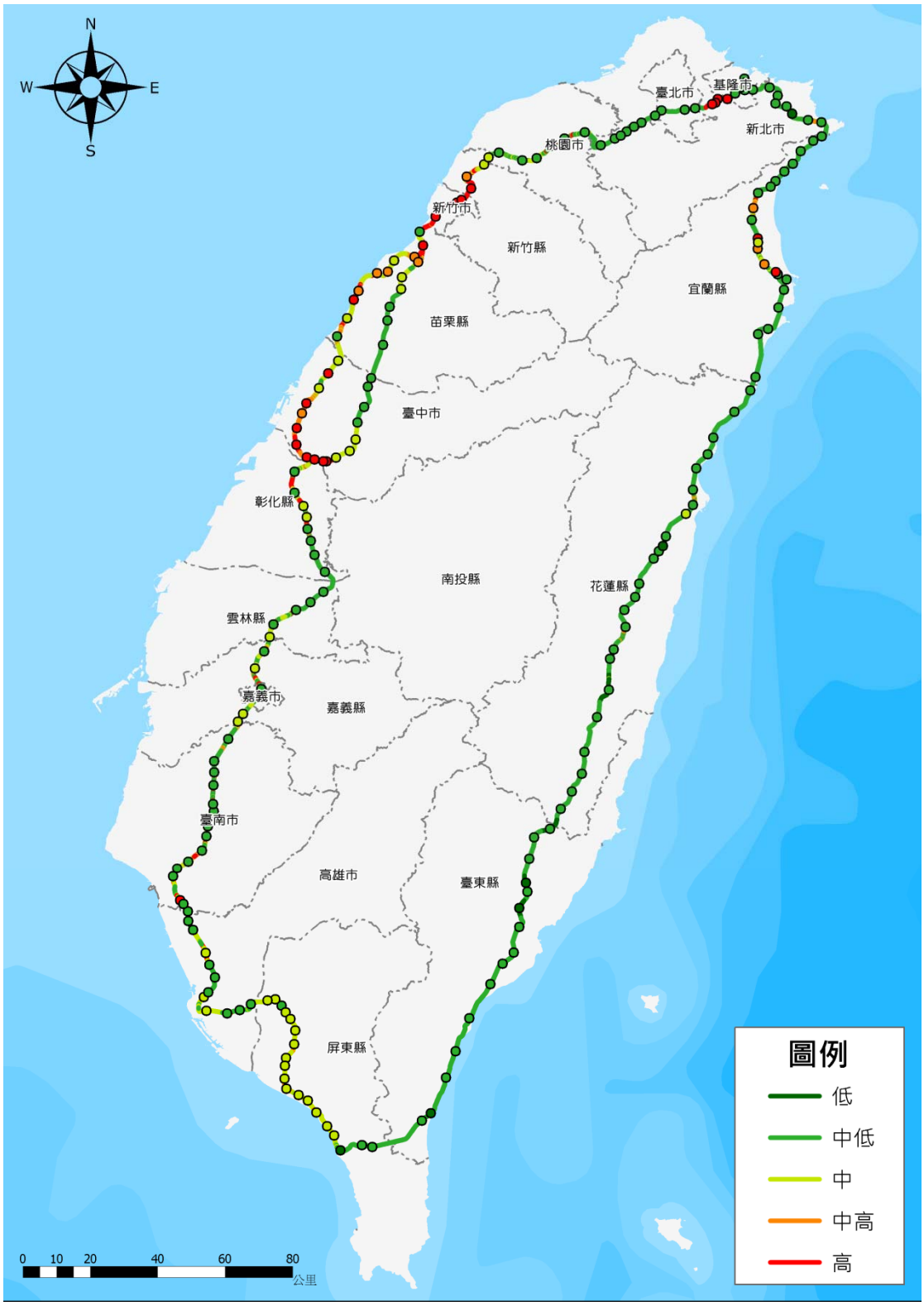
附圖 6.3.38 臺鐵情境 2-淹水風險地圖



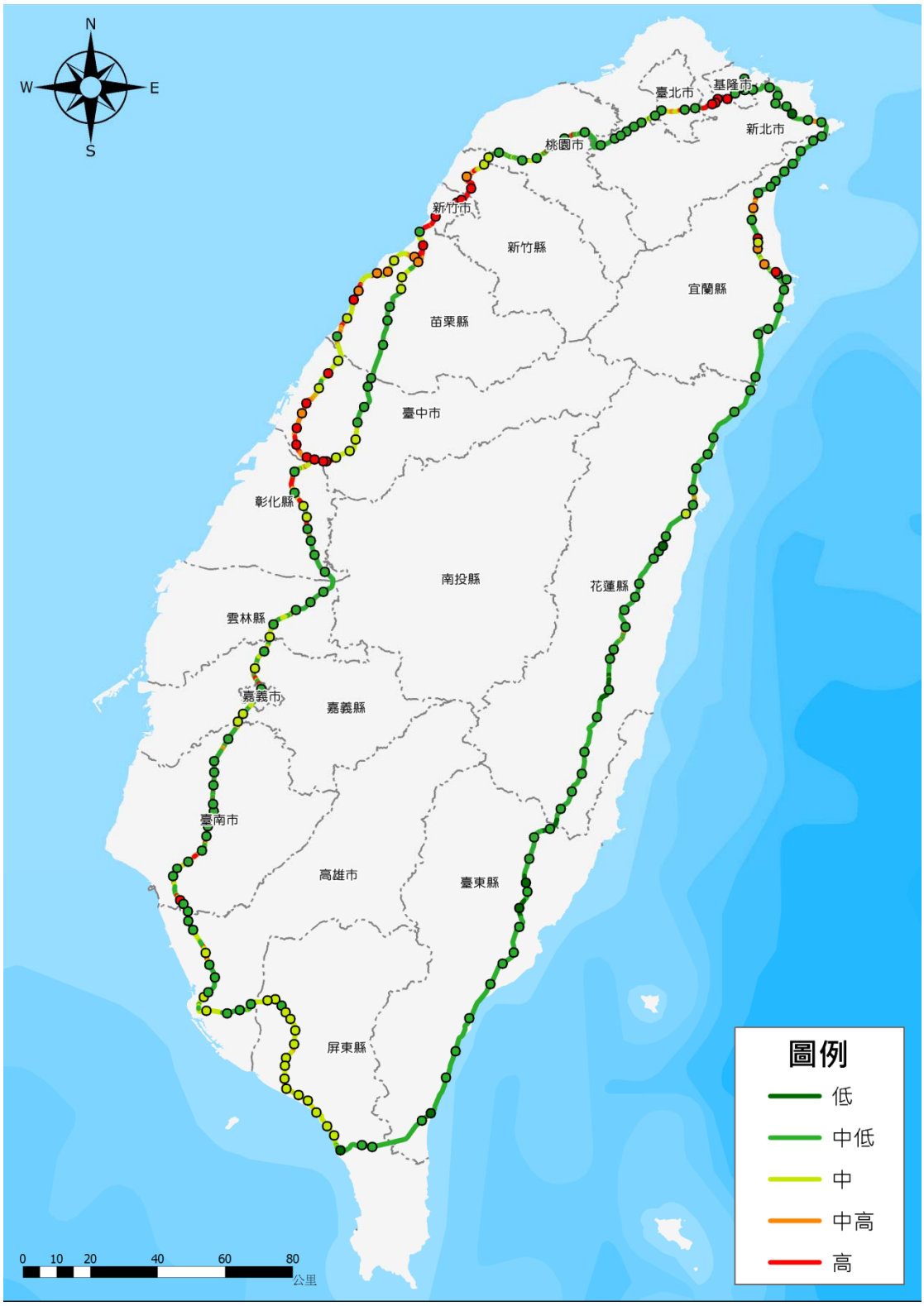
附圖 6.3.39 臺鐵情境 3-淹水風險地圖



附圖 6.3.40 臺鐵情境 4-淹水風險地圖

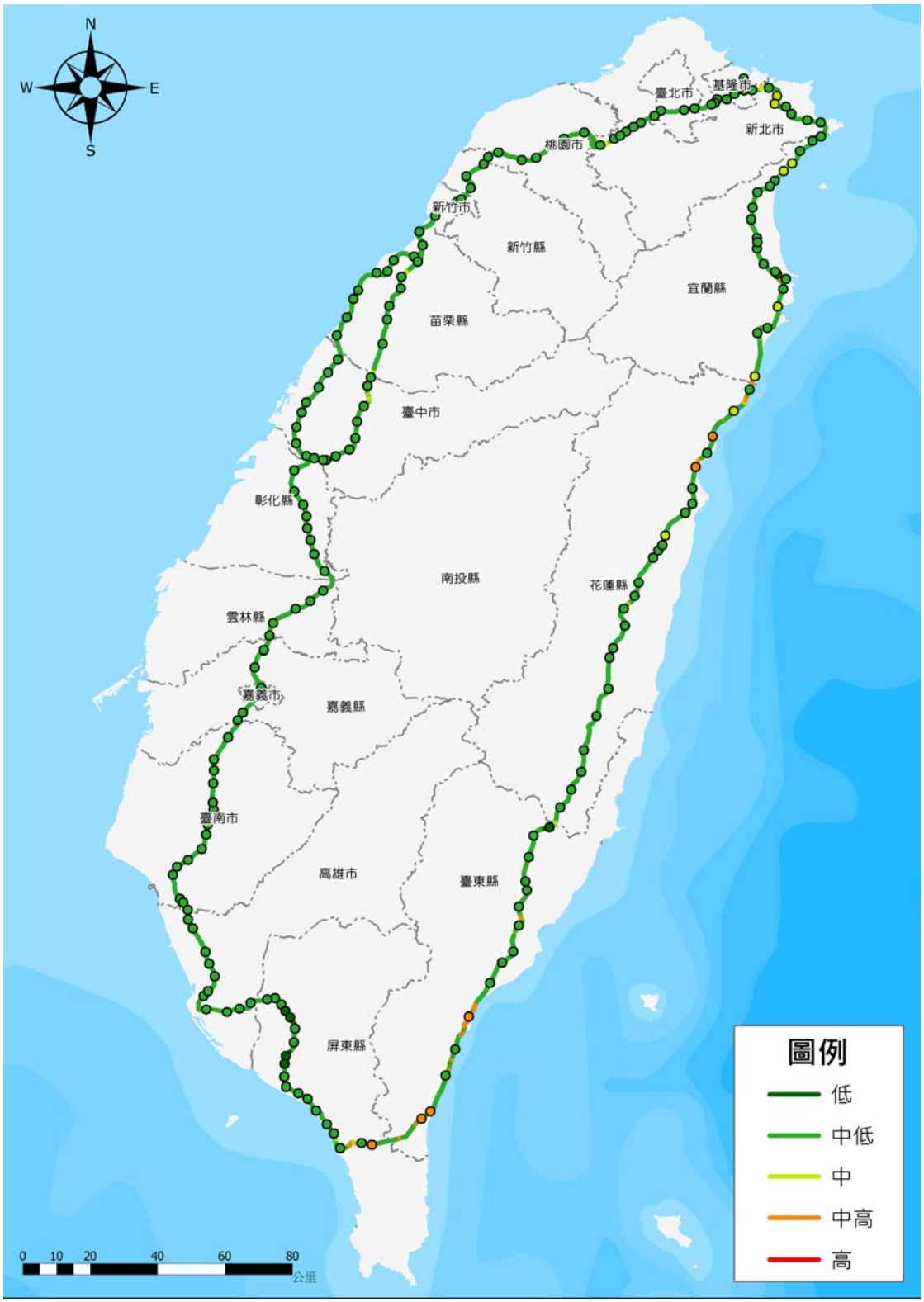


附圖 6.3.41 臺鐵情境 5-淹水風險地圖

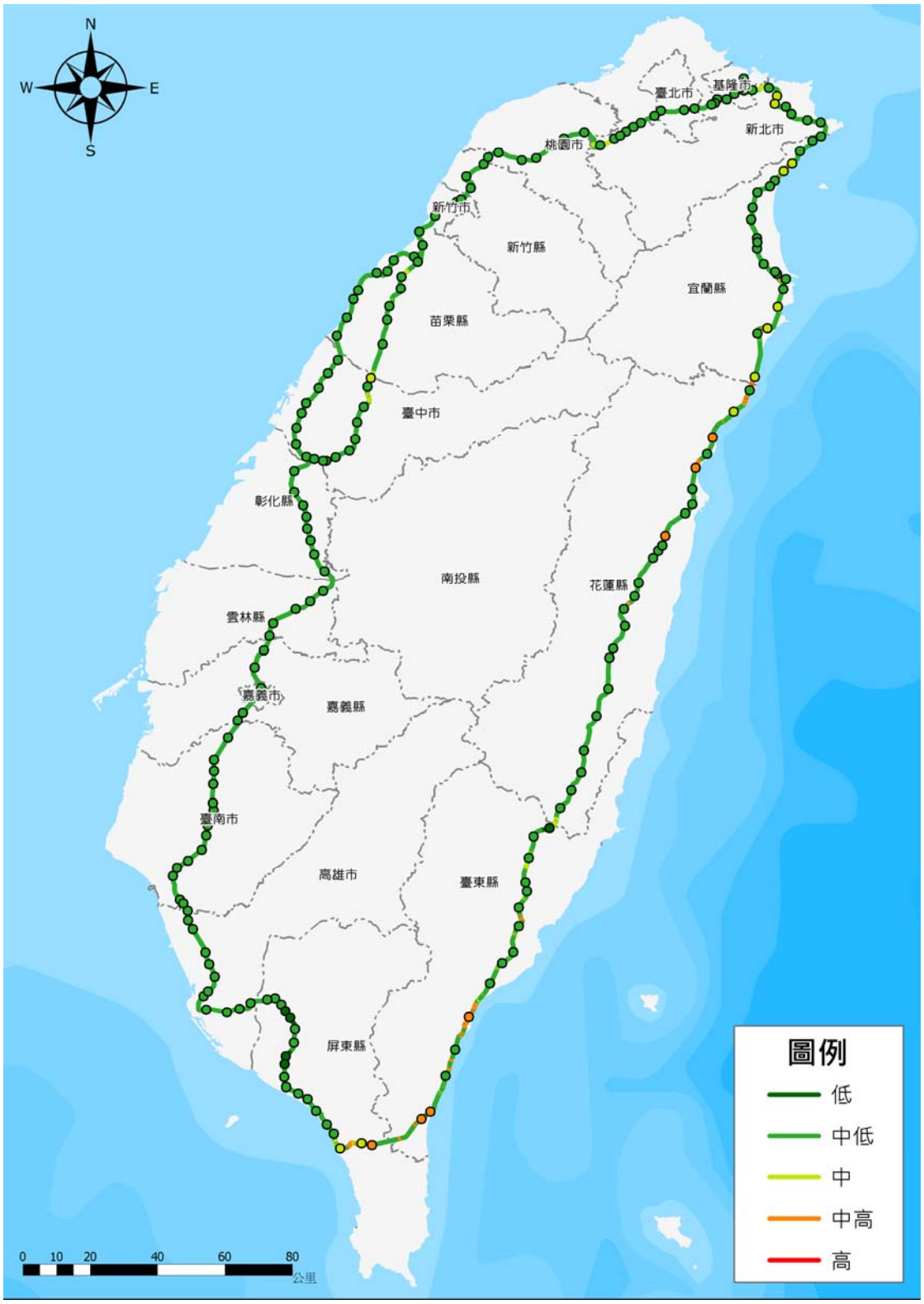


附圖 6.3.42 臺鐵情境 6-淹水風險地圖

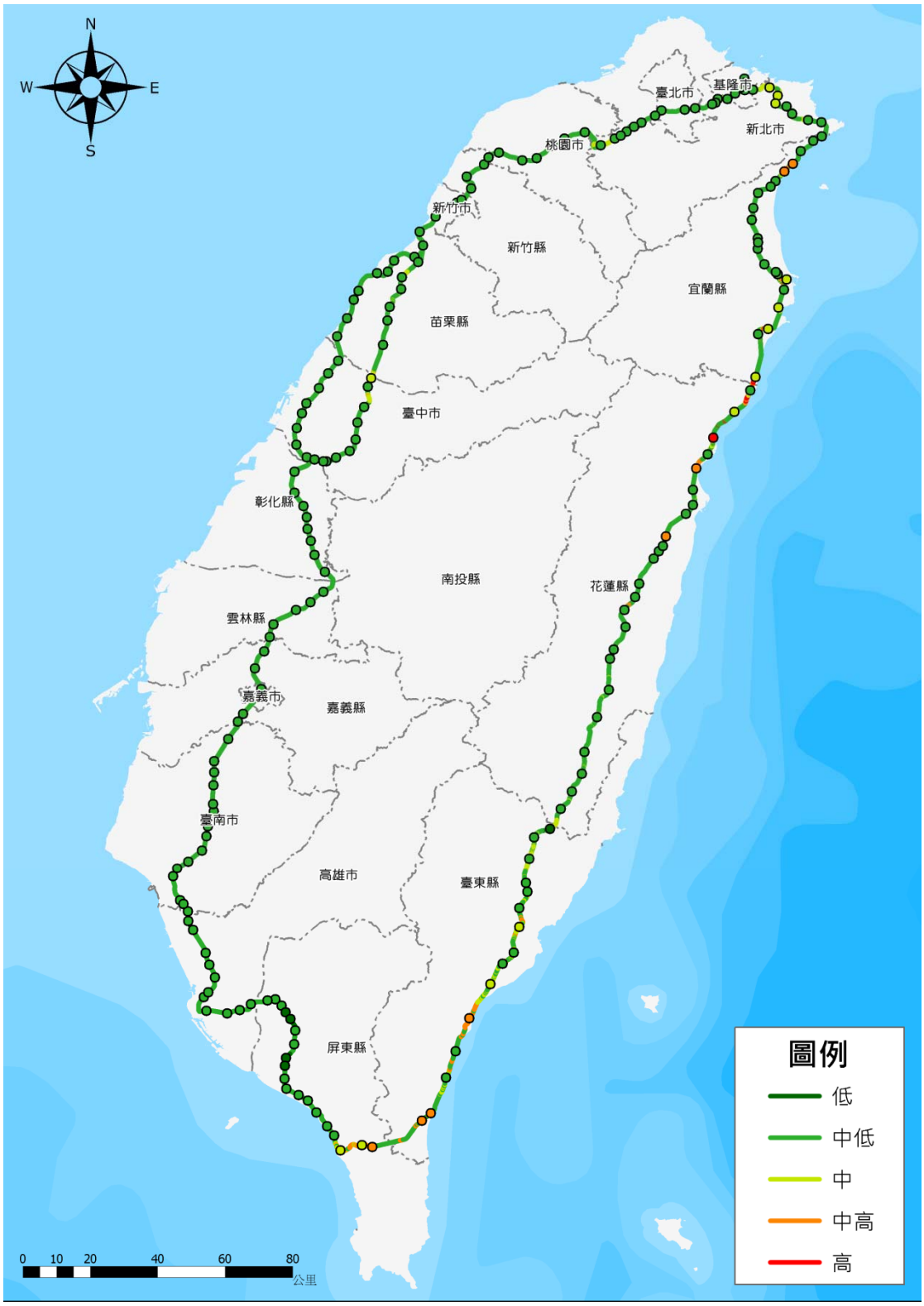
(2)坡災



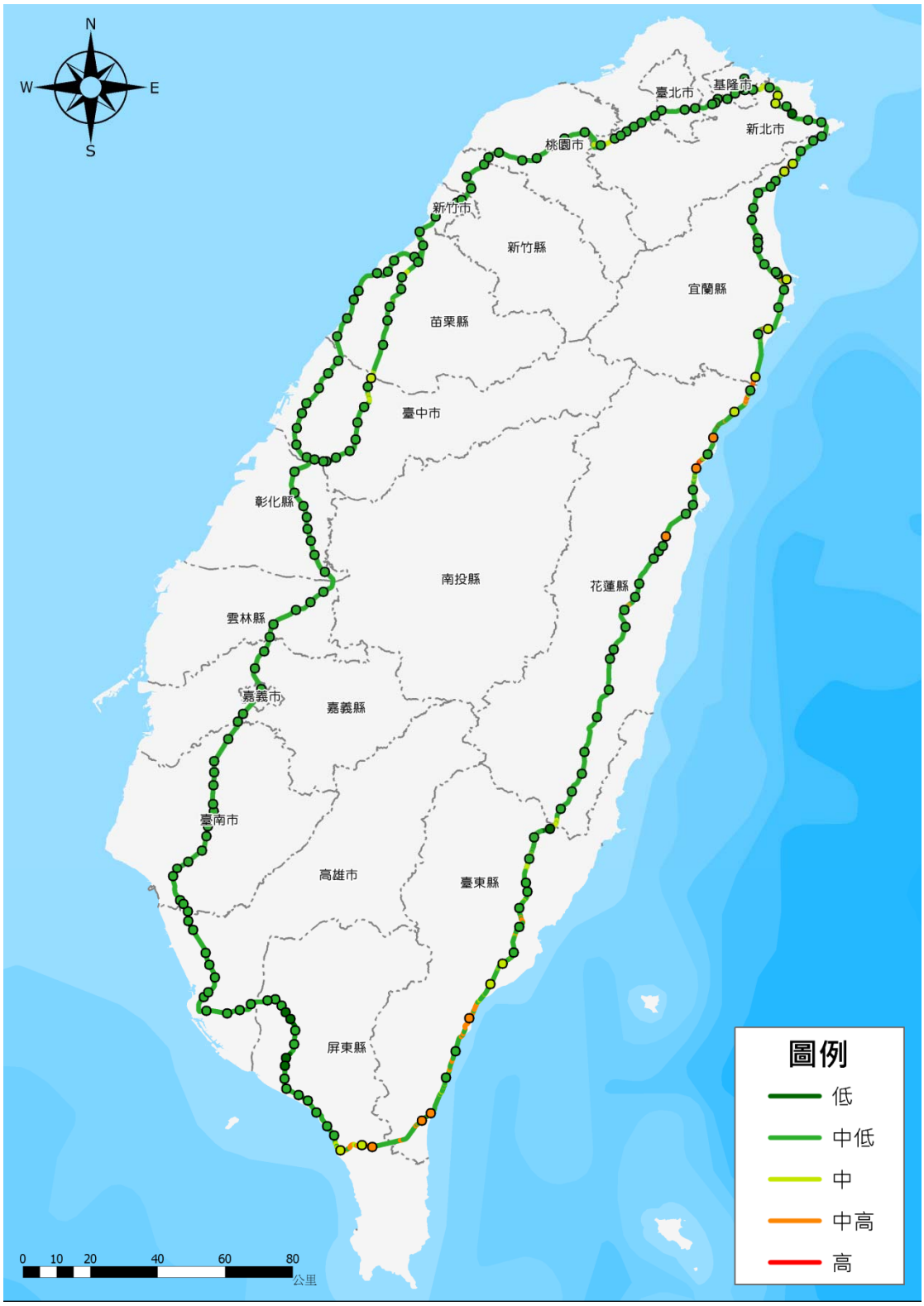
附圖 6.3.43 臺鐵情境 1-坡災風險地圖



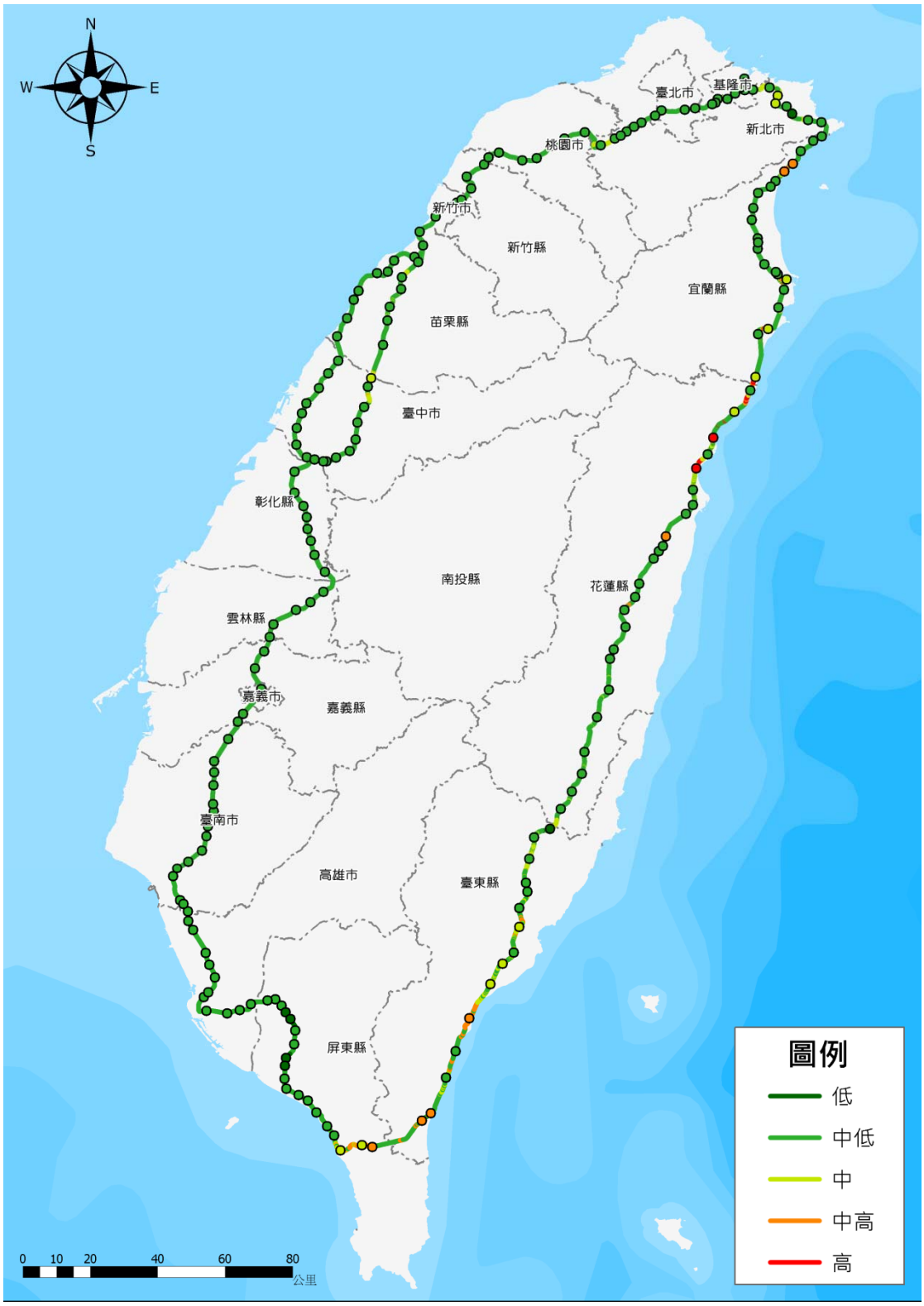
附圖 6.3.44 臺鐵情境 2-坡災風險地圖



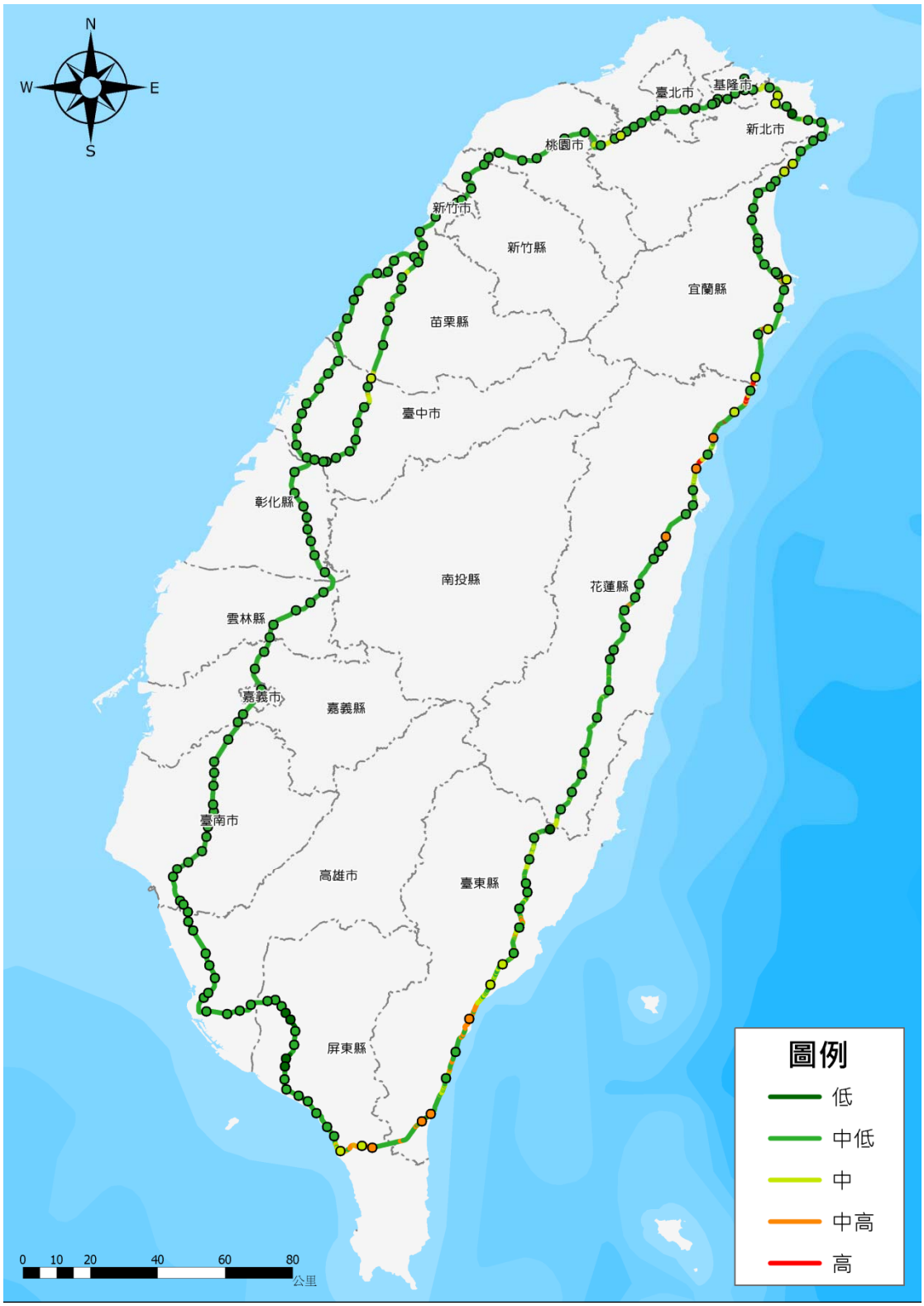
附圖 6.3.45 臺鐵情境 3-坡災風險地圖



附圖 6.3.46 臺鐵情境 4-坡災風險地圖



附圖 6.3.47 省道情境 5-坡災風險地圖



附圖 6.3.48　臺鐵情境 6-坡災風險地圖

5. 高鐵

(1)淹水



附圖 6.3.49 高鐵情境 1-淹水風險地圖



附圖 6.3.50 高鐵情境 2-淹水風險地圖



附圖 6.3.51 高鐵情境 3-淹水風險地圖



附圖 6.3.52 高鐵情境 4-淹水風險地圖

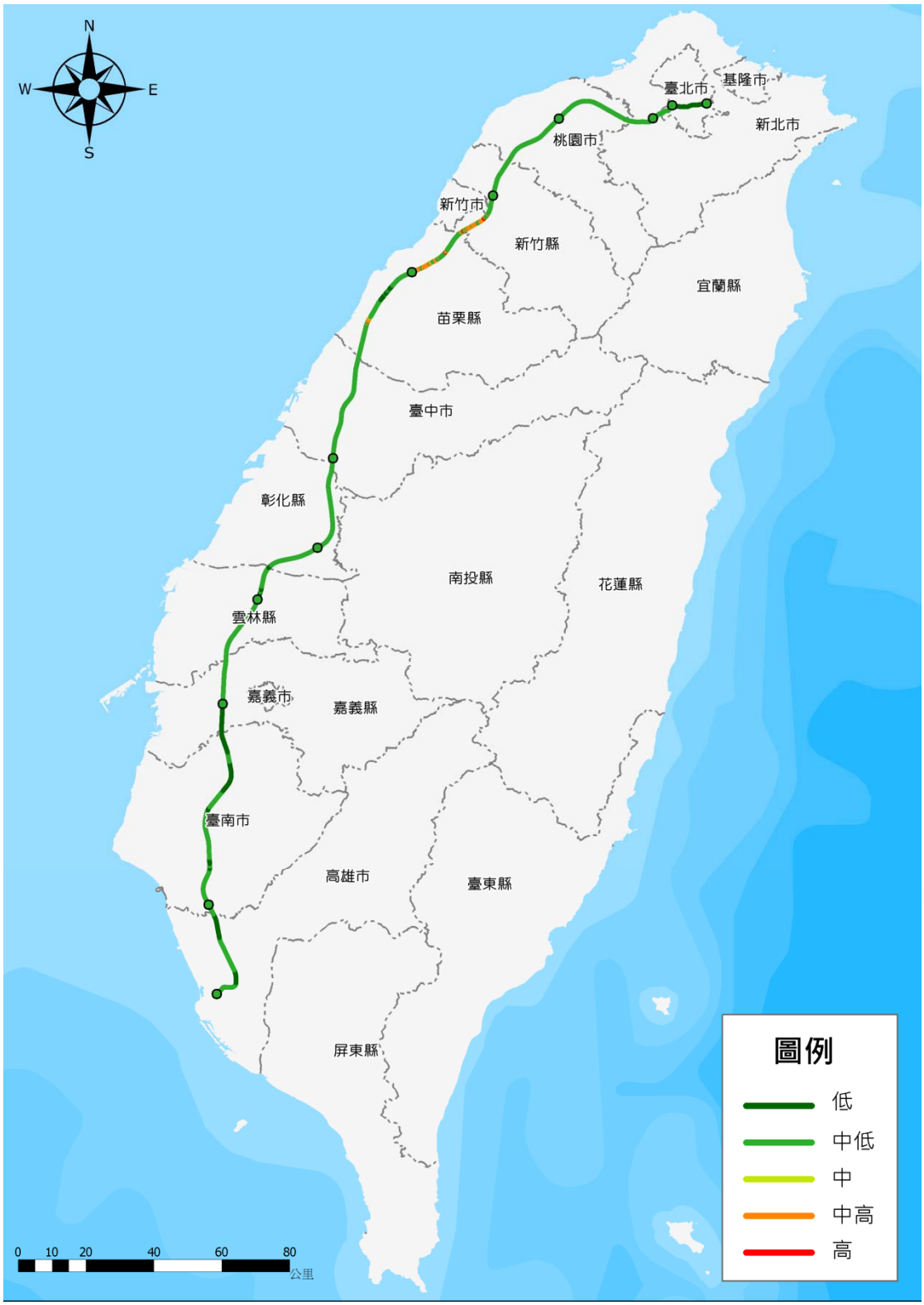


附圖 6.3.53 高鐵情境 5-淹水風險地圖



附圖 6.3.54 高鐵情境 6-淹水風險地圖

(2)坡災



附圖 6.3.55 高鐵情境 1-坡災風險地圖



附圖 6.3.56 高鐵情境 2-坡災風險地圖



附圖 6.3.57 高鐵情境 3-坡災風險地圖



附圖 6.3.58 高鐵情境 4-坡災風險地圖



附圖 6.3.59 高鐵情境 5-坡災風險地圖



附圖 6.3.60　高鐵情境 6-坡災風險地圖

附錄七

計畫摘要

計畫摘要

一、緒論

對於氣候劇變所造成之災害，國內鐵公路主管機關莫不致力於防災緊急應變作為。對於氣候變遷長期調適課題，仍須掌握運輸設施抗防災能力(設施調適能力)條件，設施受影響之社經程度(潛在影響程度)，以及設施所在區位之氣候危害情境(危害度)等因子，俾利進一步綜合評估其風險程度，方有利於研擬適當調適作為。

本所已於 104 年「重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(簡稱前期研究)」完成鐵公路系統各路段脆弱度及危害度等級分析，透過脆弱度與危害度等級計算，綜合評估鐵公路系統各路段之風險程度。

本計畫(105)年度延續前期所建立評估機制，透過機關訪談、蒐集使用需求，配合鐵公路主管機關適宜做為指標設定且完整之設施資料，以強化風險評估指標，產製新的鐵公路風險地圖，在國家資源有限下，提供決策者充分客觀的資訊，瞭解運輸系統於氣候變遷風險熱點成因，進而研提有效之調適措施。

二、計畫工作內容

本計畫主要工作項目如下：

(一)強化前期重大鐵公路建設氣候變遷風險評估指標

依據前項風險評估指標文獻蒐集回顧成果，及檢視前期風險評估指標資料之完整程度(包含：監測系統指標、產值指標等項目)，除透過盤查現有鐵公路系統暨有設施安全相關資料，依其設施特性訂定合適評估因子，新增鐵公路設施安全性評估指標外，並針對重要且現階段鐵公路主管機關具有完整資料之項目，修訂、新增或研提替代之評估指標，以提升整體評估指標評估能力。

(二)依據檢討後之評估指標產製鐵公路風險地圖。

(三)擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台功能：以符合鐵公路主管機關使用需求及機關間資料共享原則下，新增平台功能

三、重要工作成果及結論

(一)強化風險評估方法與指標

1. 危害度：淹水危害度依據淹水潛勢地圖為指標基礎資料，考量道路通行影響程度和淹水潛勢地圖分級方式差異，爰調整淹水潛勢地圖中0.3~1 公尺分級調整為 3 級分，1 公尺以上視為 5 級分；並考量橋梁、隧道之淹水影響與平面差異，將設施型式納入危害度等級調整判定。
2. 產值：以本所城際需求模式預測之 120 年及業人口成長量，推算產值變化，作為未來年產值指標分析之基礎。並同時考量現況與未來年產值分布狀況，以資料統計分佈之「離散程度」，極端值各占 10~15%，中間三級距均分，進行等級界定及取整數操作。
3. 設施安全性(淹水)：考量設施排水能力、設施設計年限、背景環境之差異未有統一資料庫或難以操作，故以設施設計年期作為分級依據，以公路排水設計規範頒布與修訂年期 1987、2001 和 2009 年作為分級界定，並以 2021 年計畫之調適未來年作為設施安全提升之保留值；鐵路依據鐵路修建養護規則首頒與修訂年期 1960、1981、2006 作為分級界定，同公路以 2021 年計畫之調適未來未來年作為設施安全提升之保留值。
4. 設施安全性(坡災)：各設施單位之邊坡分級為設施安全指標。
5. 預警應變作為：透過監測系統所在區位，依監測設備類別分為淹水與坡災之差異，另外將重點監控路段納入，並給予有主動通報民眾給予較優良分級。

(二)鐵公路風險地圖產製

依據指標檢討情形，完成鐵公路 6 種氣候情境(現況雨量重現期 50 年、100 年、200 年及未來氣候變遷雨量重現期 50 年、100 年及 200 年)之風險地圖。以最高雨量情境下分析(即情境六)，鐵公路風險路段占整體路段比例，淹水部分為省道 17.8%、快速道路 27.0%、臺鐵 15.4%、國道 4.6%、高鐵 2.1%、坡災部分為省道 27.4%、快速道路 0.6%、臺鐵 5.9%、國道 3.0%、高鐵 3.9%。

(三)擴充鐵公路氣候變遷調適資訊平台

1. 新增使用者自選評估指標權重：提供查詢選單讓使用者可以自行依決策需求，組合評估指標項目權重，進行風險評估分析，產出風險地圖。
2. 新增評估指標資料數值修改功能：提供設施主管機關對於平台風險指標之意見回饋管道。

四、建議

(一)本計畫完成之風險地圖可作為鐵公路主管機關研擬調適策略之基礎，提供鐵公路主管機關進一步落實氣候變遷風險調適策略與管控。

(二)建議後續參考美國紐約州做法，於交通預算審議機制中將設施(建設)調適與風險管理納入預算審議的評估項目之中，有利風險管理與調適策略之推動。

(三)建議定期更新與檢討風險評估與調適資訊

考量調適資訊平台之永續使用，建議每年例行性維運平台之正常運作、更新蒐集國內外氣候變遷作為與新知等資訊；另可配合氣候情境之調整、淹水、坡災等，辦理風險評估地圖檢討修正；對於產值、交通量之更新，建議現況年可每年更新為前1年度數值，未來年則5年為1期進行調整；邊坡分級、設施新建與改建資訊，則建議1年更新1次設施安全之變化。針對鐵公路氣候變遷調適資訊平台整體資料更新週期建議，整理如表 1 所示。

表 1 資料建議更新週期

指標	項目	建議更新週期	說明
危害度	淹水潛勢	配合水利署淹水潛勢圖更新進度	
	坡災潛勢	配合地調所坡災潛勢圖更新進度	
脆弱度—潛在影響程度	現況產值	1 年	更新前 1 年度
	未來產值	5 年	配合本所城際運輸需求模式更新
	現況交通量	1 年	更新為前 1 年度
	未來交通量	5 年	配合本所城際運輸需求模式更新
脆弱度—設施調適能力	設施安全性	1 年	更新當年度邊坡分級、設施新建與改建資訊
	預警應變作為	1 年	更新當年度設施監測、重點監控、防災減災管理作為
	替代道路數	7 年	配合危害度更新路網

資料來源：本計畫彙整。

5. 基礎圖資整合建議

風險地圖中之路網、里程與設施型式等為基礎圖資之重要資訊，惟目前資訊皆分散於不同的單位，如交通部的數值路網圖、內政部的通用版電子地圖與各系統主管機關的里程點位。由於圖資來源與產製基礎不同，圖資套疊與合理性判別困難，建議可於交通部路網數值圖整合提供各系統里程、設施結構等資訊，有利相關單位之業務應用，如國道正辦理里程座標清查作業，更新後可掌握路堤、路塹之里程資訊；臺鐵邊坡分級於行車安全 6 年計畫將辦理，上述資料之整合可將路網屬性中設施型式新增路堤、路塹，此外里程、高程資料整合有利於圖資運用；而邊坡分級則可納入交通部管理資訊中心 GIS-T 圖資庫中。

參考文獻

1. Federal Highway Administration. Climate Change and Extreme Weather Vulnerability Assessment Framework. (2012).

2. US Department of Transportation, Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructures: The Gulf Coast Study,

   Phase 1 Report (2008).
   Phase 2
   Task 1 Assessing Infrastructure for Criticality in Mobile, Alabama, (September, 2011).
   Task 2 Climate Variability and Change in Mobile, Alabama, (June ,2013).
   Task 3.1 Screening for Vulnerability, (June, 2014).
   Task 3.2 Engineering Assessments of Climate Change Impacts and Adaptation Measures, (August, 2014).
   Assessing Criticality in Transportation Adaptation Planning, (May, 2014).
   Assessing Transportation Vulnerability to Climate Change: Synthesis of Lessons Learned and Methods Applied, (October, 2014).

3. New York State Department of Transportation in partnership with the Nature Conservancy, Climate Vulnerability and Economic Assessment for at-Risk Transportation Infrastructure in the Lake Champlain Basin, New York, (December 2015).

4. Caltrans, District 1 Climate Change Vulnerability Assessment and Pilot Studies, FHWA Climate Resilience Pilot Final Report, (December, 2014).

5. WEATHER: Weather Extremes: Assessment of Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions, Project funded under the 7th framework programme of the European Commission, (2012).
   Deliverable 1: Weather Trends and Economy-wide Impacts, (October, 2011).
   Deliverable 2: Vulnerability of Transport Systems, (June, 2011).
   Deliverable 3: Innovative Emergency Management Strategies, (September, 2011).
   Deliverable 4: Adaptation Strategies in the Transport Sector, (December,

2011).
Deliverable 5: The Role of Governance and Incentives, (April, 2012).
Deliverable 6: Case Studies and Synthesis Report, (February, 2012).
Deliverable 7 WEATHER project Summary and Policy Conclusions, (April, 2012).
6. Federal Highway Administration, International Practices on Climate Adaptation in Transportation, Findings from a Virtual Review, Synthesis Report, (January, 2015).
7. Road ERA Net, RIMAROCC: Risk Management for Roads in a Changing Climate, (June, 2010).
8. CEDR Transnational Road Research Programme, ROADAPT,(Roads for Today, Adapted for Tomorrow),
Integrating Main Guidelines, (May, 2015).
Guideline Part C: GIS-aided Vulnerability Assessment for Roads, (May, 2015).
Guideline Part D: Socio-Economic Impact Analysis, (May, 2015).
Guideline Part E: Selection of Adaptation Measures and Strategies for Mitigation, (May, 2015).
9. Transport Scotland Edinburgh, Scottish Road Network Landslides Study: Implementation", (2008).
10. Caltrans, MTC, Bay Area Rapid Transit. Adapting to Rising Tides-Transportation Vulnerability and Risk Assessment Pilot Project. (2011).
11. IPCC. Climate Change 2014, (2014).
12. Alberta Environment and Sustainable Resource Development. Climate Change Risk Assessment and Adaptation Report: Ministry of Transportation, (2012).
13. Department for Environment, Flood and Rural Affairs. Climate Change Risk Assessment Methodology Report, (2012).
14. The North Jersey Transportation Planning Authority. Climate Change Vulnerability and Risk Assessment of New Jersey's Transportation Infrastructure, (2011).
15. Transportation Research Board. Climate Change, Extreme Weather Events, and the Highway System: Practitioner's Guide and Research Report, (2014).
16. Funtowicz, S., & Ravetz, J., A New Scientific Methodology for Global Environmental Issues. In R. Costanza (Ed.), Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability (pp. 137-152): Columbia University Press, (1991).
17. JICA 地球環境部氣候變動對策室. JICA Climate Finance Impact Tool,

(2011).
18. Committee on Climate Change. UK Climate Change Risk Assessment Methodology Report, (2014).
19. 交通部運輸研究所，重大鐵公路建設氣候變遷調適策略與脆弱度評估指標之研究，102 年。
20. 交通部運輸研究所，重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(1/2)，103 年。
21. 交通部運輸研究所，重大鐵公路建設氣候變遷風險評估機制與調適資訊平台之研究(2/2)，104 年。
22. 國家氣候變遷調適行動計畫(102-106 年)-維生基礎設施領域行動方案，交通部，103 年。
23. 國家氣候變遷調適政策綱領，國家發展委員會，101 年。
24. 強化台灣西南地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫，經濟部水利署，100 年。
25. 曹鼎志、許志豪、李璟芳、黃春銘、魏倫瑋、李怡德，極端氣候下鐵路災害風險之初探-以南迴線鐵路坡地災害為例，2014 臺灣災害管理研討會，103 年。
26. 陳永明、林李耀、陳亮全，氣候變遷之災害衝擊與調適策略，國家災害防救科技中心，101 年。
27. 陳韻如、林聖琪、王俞婷、李宗融，山區道路崩塌災害潛勢評估，臺灣公路工程，37-1 期，5-24 頁，101 年。

參考網站

1. UNDP，http://www.undp.org/content/undp/en/home.html。

2. 交通部，公路防救災資訊系統，http://bobe168.tw/。

3. 共築方舟-氣候變遷調適入口網站，http://www.tcap.ndc.gov.tw/。

4. 災害潛勢地圖網站，http://satis.ncdr.nat.gov.tw/。

5. 政府間氣候變遷專家小組(IPCC)，http://www.ipcc.ch。

6. 美國加州調適 cal-adapt 平台，http://cal-adapt.com/。

7. 英國氣候變遷知識平台，http://www.naee.org.uk/climate-change。

8. 氣候調適知識交流網，Climate Adaptation Knowledge Exchange, CAKE，http://www.cakex.org/。

9. 科技部，臺灣氣候變遷調適科技知識平台，http://www.taiccat.net/。

10.科技部，臺灣氣候變遷調適科技整合研究計畫，http://taiccat.ncu.edu.tw。

11.中央氣象局，劇烈天氣監測系統，
http://qpesums.cwb.gov.tw/taiwan-html2/indexEa.html。

12. FHWA 調適研究網站，
http://www.fhwa.dot.gov/environment/climate_change/adaptation/。

13. AASHTO 調適網站，
http://climatechange.transportation.org/climate_adaptation/。

14. 歐盟 WEATHER 計畫，http://www.weather-project.eu/weather。

15. 歐盟氣候變遷調適平台網站，http://climate-adapt.eea.europa.eu。

16. 聯合國氣候變化綱要公約調適網站 (UNFCCC). http://newsroom.unfccc.int。

17. 政府間氣候變遷專家小組(IPCC)，http://www.ipcc.ch。

18. 歐盟氣候變遷調適平台網站，http://climate-adapt.eea.europa.eu。

19. 氣候調適知識交流網，Climate Adaptation Knowledge Exchange, CAKE，
http://www.cakex.org/。

20. 國家災害防救科技中心，災害潛勢地圖網站，
http://satis.ncdr.nat.gov.tw/。

21. 公路總局，Safe Taiwan，https://www.safetaiwan.tw/。

22. 科技部，D.M.I.P.災害管理資訊研發應用平台，
http://dmip.colife.org.tw/。