



重大鐵公路系統氣候變遷脆弱度評估指標之研究

交通部運輸研究所

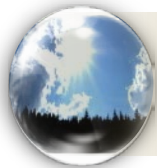
張瓊文

104.09.16

計畫緣起

「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



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

總目標：
提升維生基礎設施在氣候變遷下之調適能力，
並減少對社會之衝擊。

■ 8大重點調適策略

終極目標：避災、減災

計畫緣起

● 短期防災應變

- 為主管機關重點工作之一
- 透過與氣象局合作，即時監控，作為應變決策之基礎
 - 預判、部署、預警、應變
 - 如公路總局、高鐵、台鐵局

● 長期調適因應

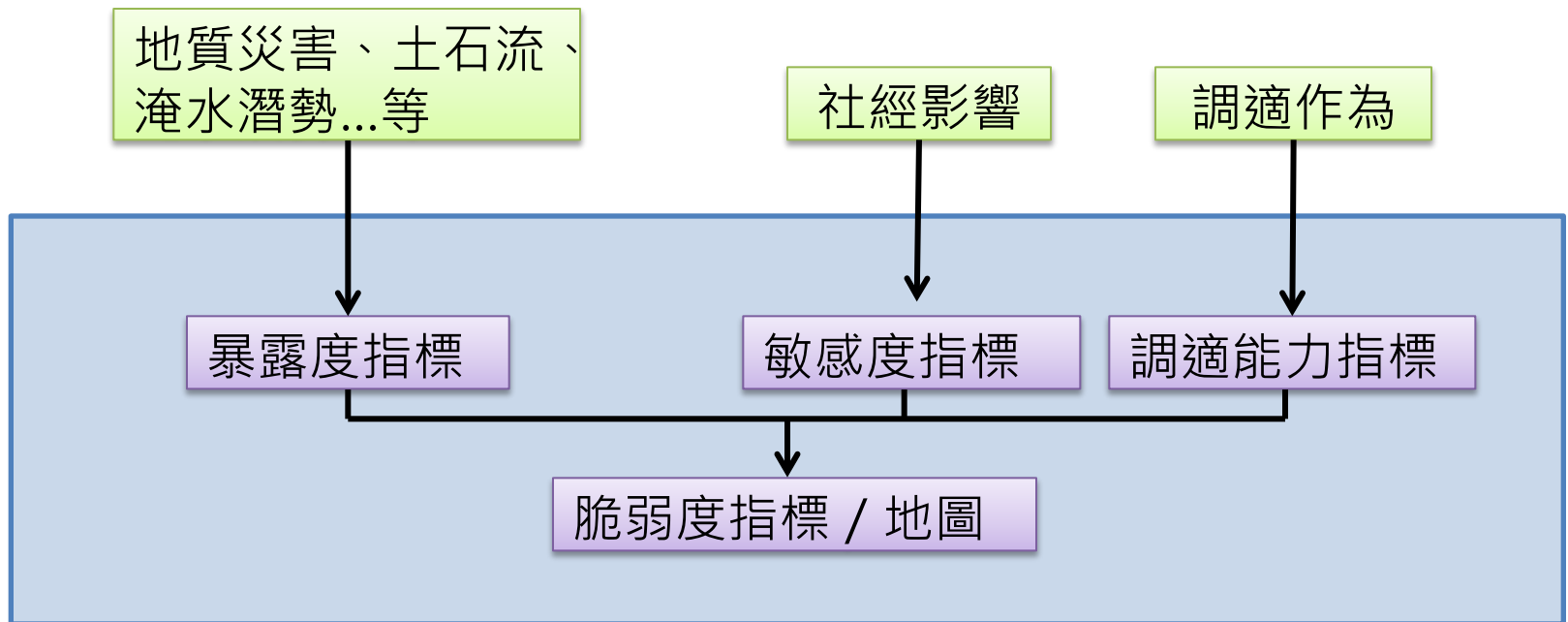
- 「調適策略2：建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式」
 - 建立重大鐵公路系統氣候變遷脆弱度評估指標及脆弱度地圖



脆弱度(Vulnerability)評估

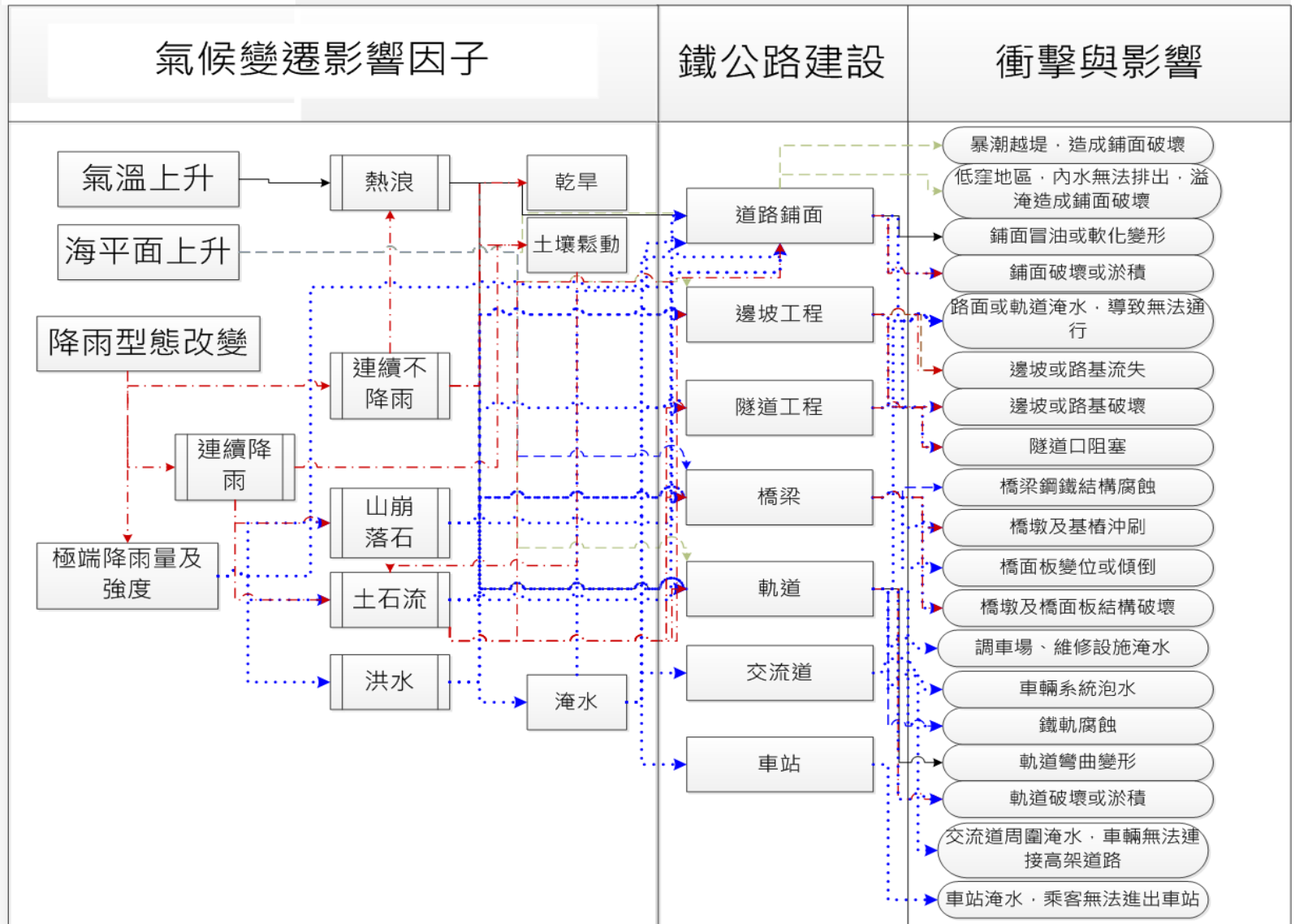
● 脆弱度是什麼？

- 國發會對脆弱度之定義為：「系統的氣候變遷衝擊的**暴露度**、**敏感度**及**適應力**三者的綜合值」。





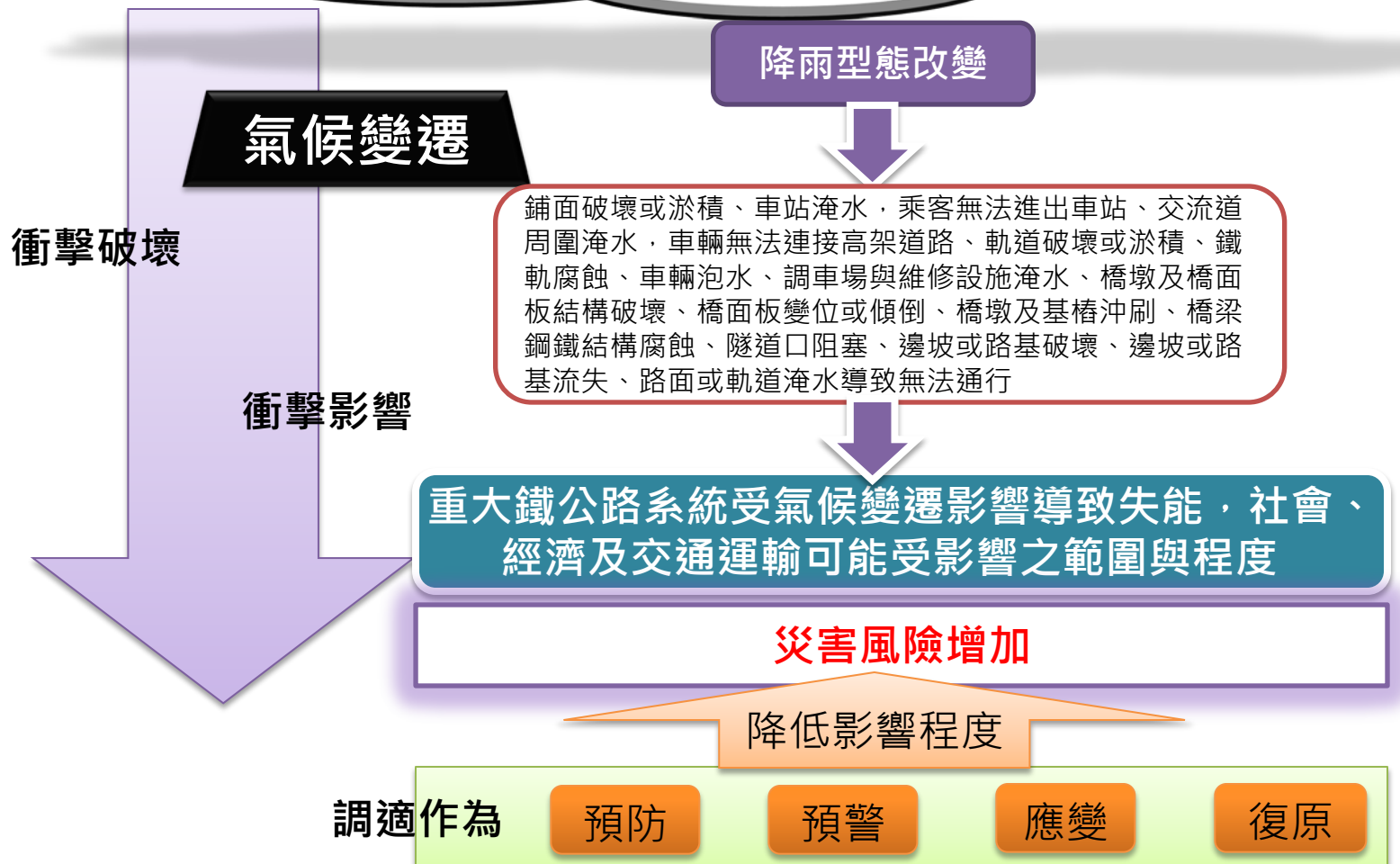
氣候因子的衝擊





評估分析情境

依據2020-2039期間氣候變遷相關資訊與預測結果，以及歷史災點紀錄得知，氣候變遷對國內交通設施之衝擊，主要是颱風所帶來的豪雨為主，故本計畫針對「**降雨型態改變**」進行討論



脆弱度評估指標

重大鐵公路系統脆弱度定義為「重大鐵公路系統受氣候變遷影響之負面程度」

	定義	評估指標
暴露度	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。	① 淹水潛勢圖資(現況、莫拉克再現情境) ② 地質災害潛勢區圖資(現況情境) ③ 土石流潛勢區(現況情境)
敏感度	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。	① 日交通量或每日乘客數(現況、120年情境) ② 產值(現況情境)
調適能力	交通建設預防、預警應變及復原等能力。	① 替代運輸(現況情境) ② 監測系統(現況情境) ③ 修復配置點距離(現況情境)

暴露度評估指標等級劃分

評估指標	資料來源	等級劃分				
		低(1分)	中低(2分)	中(3分)	中高(4分)	高(5分)
「地質災害潛勢區」	經濟部中央地質調查所	低潛勢	中低潛勢	中潛勢	中高潛勢	高潛勢
「土石流潛勢區」	行政院農業委員會水土保持局	低潛勢	中低潛勢	中潛勢	中高潛勢	高潛勢
「淹水潛勢區」	經濟部水利署	低潛勢， 淹水深度 0~0.3公尺	中低潛勢， 淹水深度介 於0.3~1公 尺	中潛勢， 淹水深度介 於1~2公尺	中高潛勢， 淹水深度介 於2~3公尺	高潛勢， 淹水深度高 於3公尺

敏感度評估指標等級劃分

「日交通量、搭乘人數」評估指標

- 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。

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

「產值」評估指標

- 行政院主計總處中華民國統計資訊網—各鄉鎮之產值。
- 本計畫利用分位數法將其劃分5等級。

等級劃分				
低(1分)	中低(2分)	中(3分)	中高(4分)	高(5分)
0元~ 1,909,354元	1,909,354元~ 7,701,821元	7,701,821元 ~25,671,903元	25,671,903元 ~84,476,357元	84,476,357元 ~1,235,541,030元

調適能力評估指標等級劃分 (1/2)

預警能力—「監測系統」評估指標

- 鐵公路半徑50公尺內架設監測系統之路段設定為預警能力屬中高(4)級 (表該路段有預警能力)；
- 其餘影響半徑外之路段，則設為預警能力屬中(3)級。

應變能力—「替代運輸」評估指標

替代運輸影響範圍

評估面向	臺鐵	高鐵	國道及快速公路	省道
替代運輸	車站 半徑2.5公里	車站 半徑25公里	交流道 半徑5公里	兩側2.5公里

應變能力(替代道路數)等級界定

等級劃分	高鐵	臺鐵	國道及快速公路	省道
低(1分)	≤ 5	≤ 2	≤ 1	≤ 1
中低(2分)	$5 < X \leq 8$	$2 < X \leq 4$	$1 < X \leq 3$	$1 < X \leq 3$
中(3分)	$8 < X \leq 10$	$4 < X \leq 7$	$3 < X \leq 5$	$3 < X \leq 5$
中高(4分)	$10 < X \leq 13$	$7 < X \leq 10$	$5 < X \leq 8$	$5 < X \leq 8$
高(5分)	> 13	> 10	> 8	> 8

調適能力評估指標等級劃分 (2/2)

復原能力—「修復配置點距離」評估指標

修復配置點距離等級界定

等級劃分	國快速及省道	臺鐵	高鐵
高(5分)	$\leq 5\text{km}$	$\leq 10\text{km}$	$\leq 15\text{km}$
中高(4分)	$5 < X \leq 10\text{km}$	$10 < X \leq 20\text{km}$	$15 < X \leq 30\text{km}$
中(3分)	$10 < X \leq 15\text{km}$	$20 < X \leq 30\text{km}$	$30 < X \leq 45\text{km}$
中低(2分)	$15 < X \leq 20\text{km}$	$30 < X \leq 40\text{km}$	$45 < X \leq 60\text{km}$
低(1分)	$> 20\text{km}$	$> 40\text{km}$	$> 60\text{km}$

- 國快速及省道部分，抵達「防救災資源配置點」之距離進行分級。
- 臺鐵取前3個最近維修機廠之平均距離做為影響半徑。
- 高鐵取最近維修機廠之距離作為影響半徑。



脆弱度評估等級

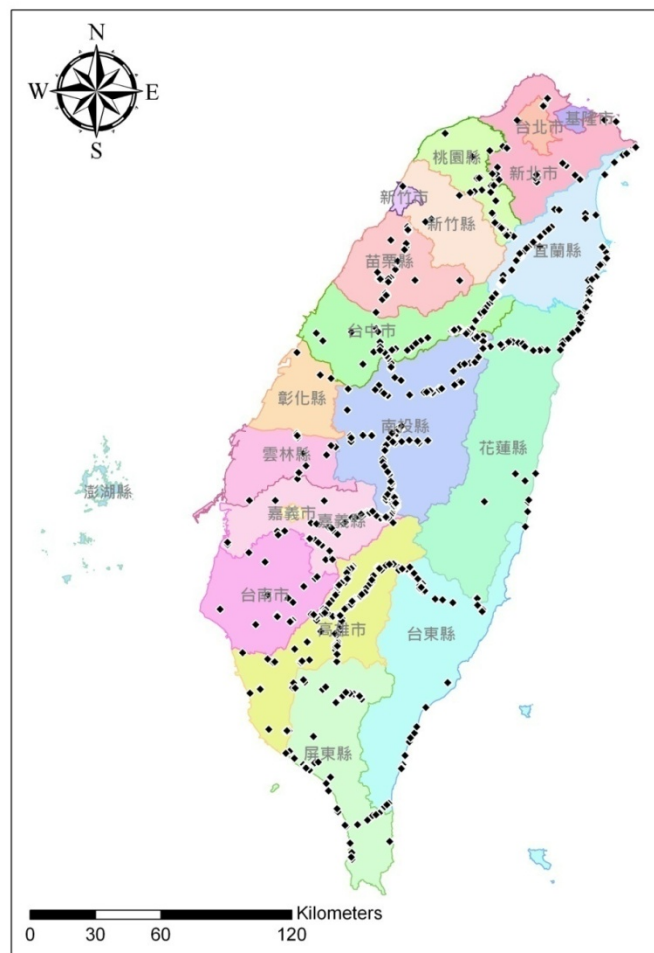
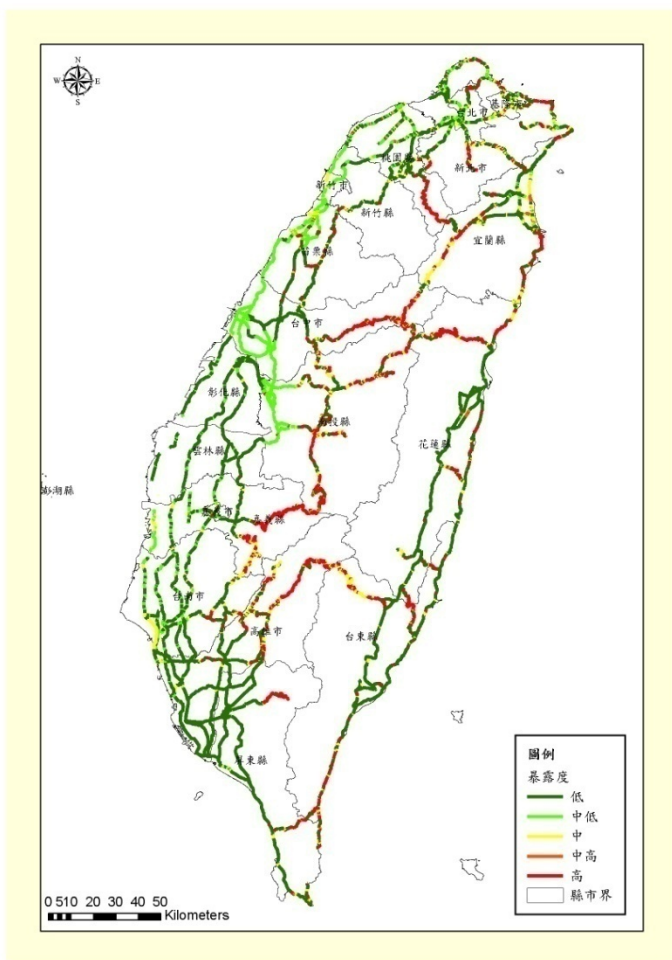
重大鐵公路系統脆弱度 = 暴露度等級 + 敏感度等級 - 調適能力等級

項目		敏感度與暴露度合計								
	分數	2	3	4	5	6	7	8	9	10
調 適 能 力	5	深綠	深綠	深綠	深綠	淺綠	淺綠	黃	黃	橘
	4	深綠	深綠	深綠	淺綠	淺綠	黃	黃	橘	橘
	3	深綠	深綠	淺綠	淺綠	黃	黃	橘	橘	紅
	2	深綠	淺綠	淺綠	黃	黃	橘	橘	紅	紅
	1	淺綠	淺綠	黃	黃	橘	橘	紅	紅	紅

備註：敏感度與暴露度分數越高越不好；調適能力分數越低越不好。

脆弱度等級區分成5個等級：低級(綠色)、中低級(淺綠色)、中級(黃色)、中高級(橘色)，以及高級(紅色)

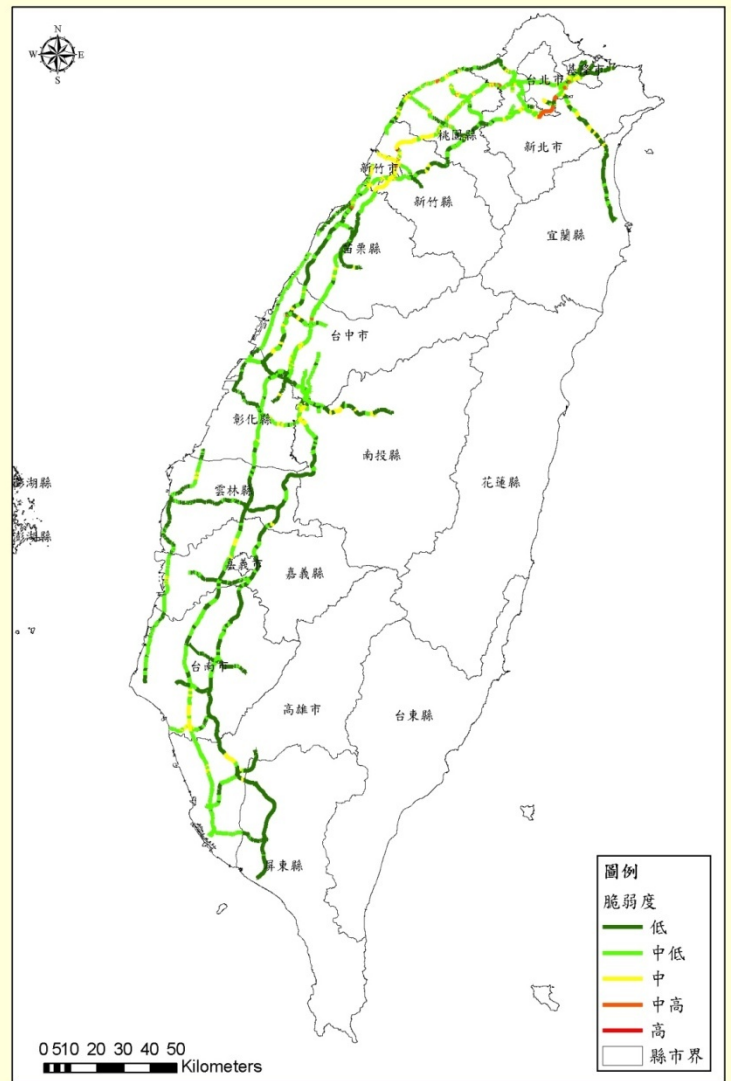
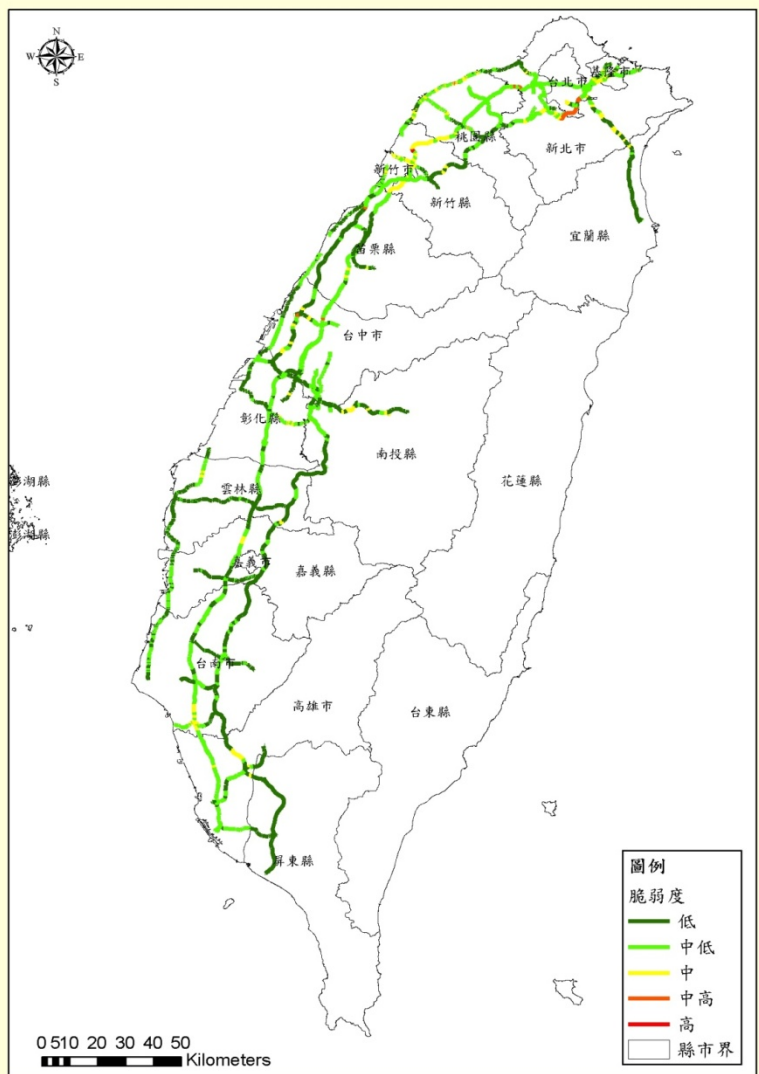
省道暴露度地圖與歷史災點比對



相符率達91.4%



國快道脆弱度地圖



脆弱度熱點區位(1/10)

國道交流道現況熱點分布區位與熱點成因彙整

路名	縣市	鄉鎮市區	所在區位	熱點主要成因
國1	基隆市	七堵區	八堵交流道	高地質災害潛勢、 中高淹水潛勢
	臺北市	內湖區	堤頂交流道	高淹水潛勢
	新北市	汐止區	汐止系統交流道	中高淹水潛勢
	桃園縣	龜山鄉	林口交流道	高淹水潛勢
		蘆竹鄉	桃園交流道	中高淹水潛勢
		平鎮市	中壢交流道	中高淹水潛勢
		楊梅市	幼獅交流道	高淹水潛勢
國2	桃園縣	大園鄉	大竹交流道	中高淹水潛勢
國3	臺北市	文山區	木柵交流道	高地質災害潛勢
			木柵休息站	高地質災害潛勢
			新店交流道	高地質災害潛勢
	新竹縣	寶山鄉	寶山交流道	高地質災害潛勢
	新竹市	香山區	茄苳交流道	高地質災害潛勢
國3甲	臺北市	文山區	萬芳交流道	高地質災害潛勢

脆弱度熱點區位(2/10)

國道路段現況熱點分布區位與熱點成因彙整

路名	縣市	鄉鎮市區	所在區位	熱點主要成因
國1	基隆市	七堵區	5K~6K	高地質災害潛勢
	新北市	林口區	38K~39K、 40K~41K	高地質災害潛勢
	新竹縣	湖口鄉	87K~88K	高地質災害潛勢
	臺中市	后里區	163K~164K	高地質災害潛勢
國3	臺北市	南港區	17K~19K	高地質災害潛勢
		文山區	21K~29K	高地質災害潛勢
	苗栗縣	竹南鎮	120K~121K	高地質災害潛勢
	臺中市	清水區	169K~170K	高地質災害潛勢

脆弱度熱點區位(3/10)

國道未來莫拉克颱風再現情境新增熱點分布區位
與熱點成因彙整

路名	縣市	鄉鎮市區	所在區位	熱點主要成因
國1	新北市	汐止區	汐止交流道	淹水潛勢等級提升至高級
		五股區	五股交流道	淹水潛勢等級提升至高級
	新竹縣	竹北鄉	竹北交流道	淹水潛勢等級提升至中級
	新竹市	東區	新竹交流道	淹水潛勢等級提升至中級
國3	新北市	汐止區	新台五路交流道	淹水潛勢等級提升至高級

脆弱度熱點區位(4/10)

快速公路現況熱點分布區位與熱點成因彙整

路名	縣市	鄉鎮市區	所在區位	熱點主要成因
台61	桃園縣	大園鄉	34K~37K	高淹水潛勢
		觀音鄉	39K~40K、42K~43K	高淹水潛勢
台64	新北市	五股區	6K~7K	高地質災害潛勢
			觀音山交流道	高地質災害潛勢
台65	新北市	土城區	10K~11K	中高淹水潛勢
台66	桃園縣	觀音鄉	10K~11K	中高淹水潛勢
		新屋鄉	新屋交流道	高淹水潛勢
		平鎮市	20K~21K	高淹水潛勢

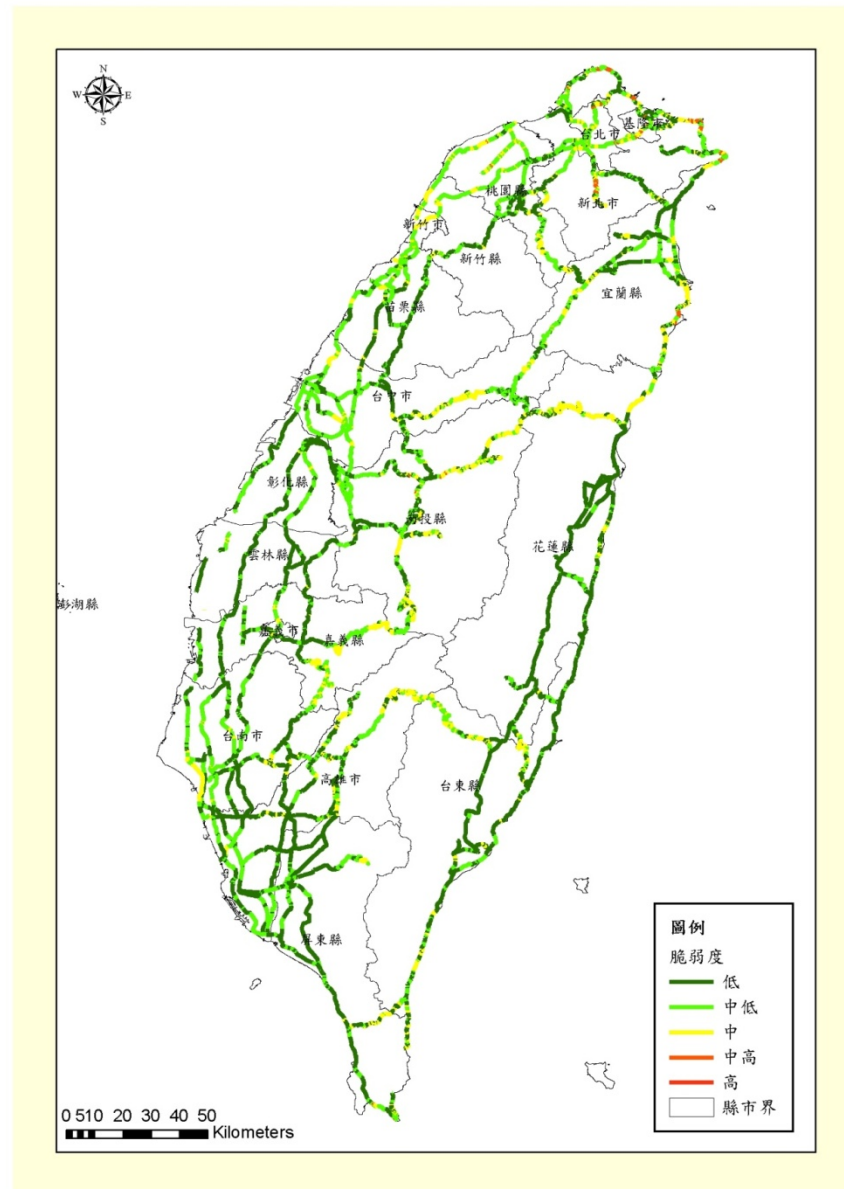
脆弱度熱點區位(5/10)

快速公路未來莫拉克颱風再現情境新增熱點分布區位與熱點成因彙整

路名	縣市	鄉鎮市區	所在區位	熱點主要成因
台62	基隆市	七堵區	七堵二交流道	淹水潛勢等級提升至高級
台68	新竹縣	東區	9K~10K	淹水潛勢等級提升至中級



現況省道脆弱度地圖

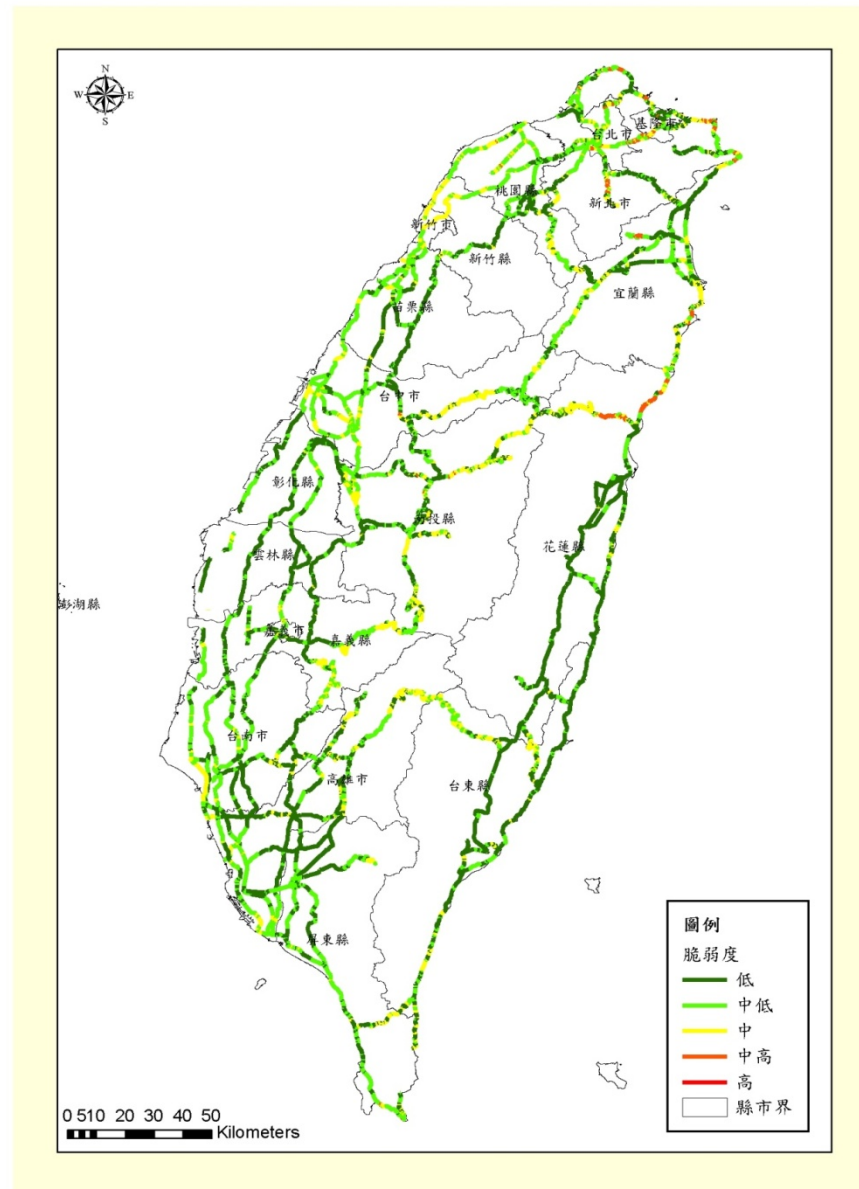


脆弱度熱點區位(6/10)

省道現況熱點分布區位與熱點成因彙整

路名	縣市	鄉鎮市區	所在區位	熱點主要成因
台2	基隆市	安樂區	58K~59K	高地質災害潛勢
	新北市	淡水區	12K~13K	高淹水潛勢
		石門區	27K~28K、31K~33K	高地質災害潛勢
		萬里區	47K~49K	高地質災害潛勢
		瑞芳區	79K~85K	高地質災害潛勢
	貢寮區	88K~90K、105K~113K	高地質災害潛勢	
台2甲	臺北市	北投區	13K~14K	高土石流潛勢、高地質災害潛勢
			20K~21K	
台5	臺北市	南港區	10K~11K	高淹水潛勢
			11K~12K	高地質災害潛勢
	基隆市	七堵區	18K~19K	高地質災害潛勢
			21K~22K	高淹水潛勢
			25K~25.5K	高地質災害潛勢
	仁愛區	25.5K~26.5K	高地質災害潛勢	
台5甲	基隆市	七堵區	7K~9K	高淹水潛勢
台9	宜蘭縣	蘇澳鎮	121K~129K	高地質災害潛勢
台9甲	新北市	新店區	0K~10K	高地質災害潛勢
台14	南投縣	國姓鄉	48K~49K	高地質災害潛勢
		埔里鎮	60K~61K、63K~64K	高地質災害潛勢
台15	桃園縣	大園鄉	36K~37K	中高淹水潛勢
台21	南投縣	埔里鎮	53K~54K	高地質災害潛勢
台26	屏東縣	恆春鎮	32K~33K、42K~43K	高地質災害潛勢
台31	桃園縣	中壢市	13K~14K	中高淹水潛勢

未來情境省道脆弱度地圖



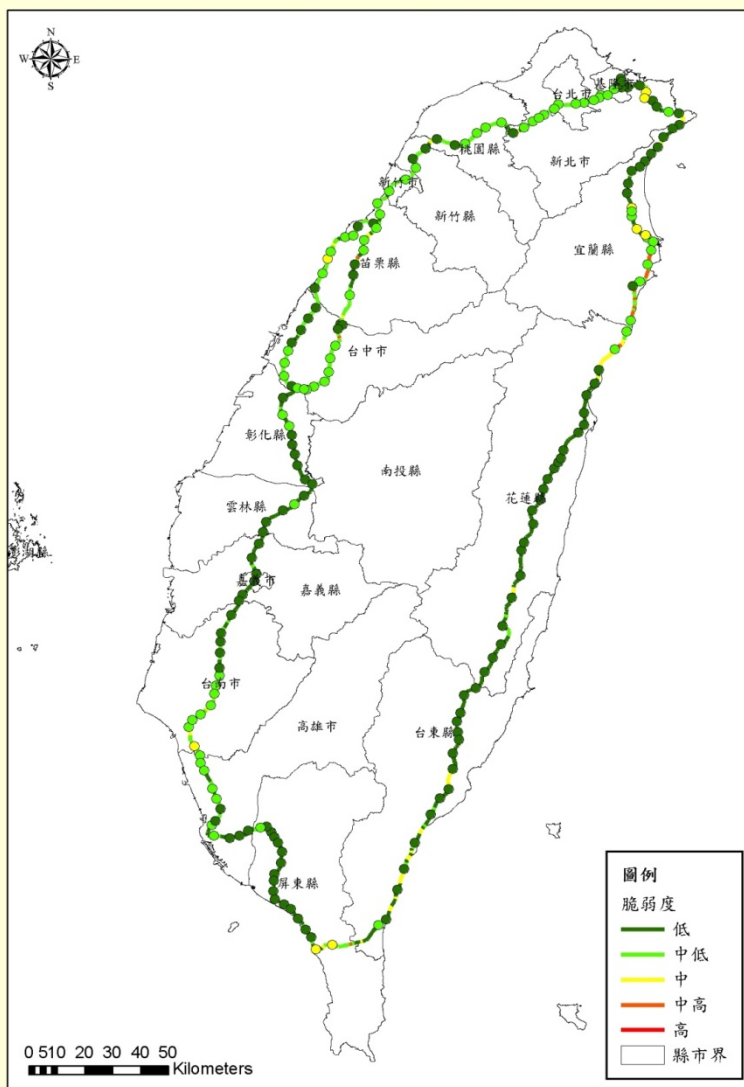
脆弱度熱點區位(7/10)

省道未來莫拉克颱風再現情境新增熱點分布區位
與熱點成因彙整

路名	縣市	鄉鎮市區	所在區位	熱點主要成因
台3	臺北市	萬華區	3K~4K	淹水潛勢等級提升至中高級
台5	臺北市	中正區	0K~2K	淹水潛勢等級提升至中高級
	新北市	汐止區	13K~16K	淹水潛勢等級提升至高級
台5甲	新北市	汐止區	0K~5K	淹水潛勢等級提升至高級
	基隆市	七堵區	6K~7K	淹水潛勢等級提升至高級
台5乙	新北市	汐止區	1K~3K	淹水潛勢等級提升至高級
台8	臺中市	東勢區	9K~10K	高地質災害潛勢、 敏感度等級提升至中級
	花蓮縣	秀林鄉	171K~179K、181K~185K	高地質災害潛勢、 敏感度等級提升至中級
台9	花蓮縣	秀林鄉	160K~162K、165K~167K、 170K~178K	高地質災害潛勢、 敏感度等級提升至中級
台9甲	宜蘭縣	員山鄉	51K~52K、53K~57K	高地質災害潛勢、 敏感度等級提升至中級



現況臺鐵脆弱度地圖



脆弱度熱點區位(8/10)

臺鐵現況熱點分布區位與熱點成因彙整

分類	縣市	熱點	熱點主要成因
西部幹線	基隆市七堵區	4K~5K	中地質災害潛勢 高淹水潛勢
		5K~8K	高地質災害潛勢
	苗栗縣苗栗市	144K~145K	高地質災害潛勢
	臺中市后里區	175K~176K	高地質災害潛勢
南迴線	屏東縣獅子鄉	88K~89K	高地質災害潛勢
東部幹線 (宜蘭線)	宜蘭縣蘇澳鎮	89K~91K	高地質災害潛勢
東部幹線 (北迴線)	宜蘭縣蘇澳鎮	5K~9K、13K~16K	高地質災害潛勢
	宜蘭縣南澳鄉	22K~24K、27K~28K、 30K~33K	高地質災害潛勢
	花蓮縣秀林鄉	45K~46K	高地質災害潛勢
		46K~47K	高土石流潛勢

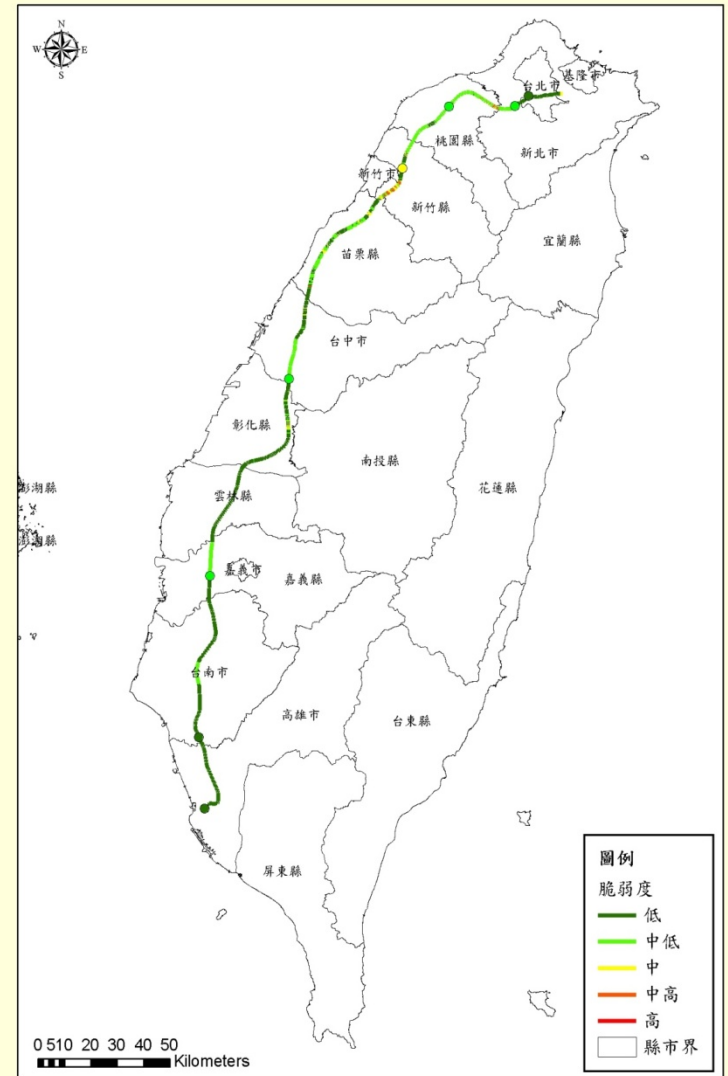
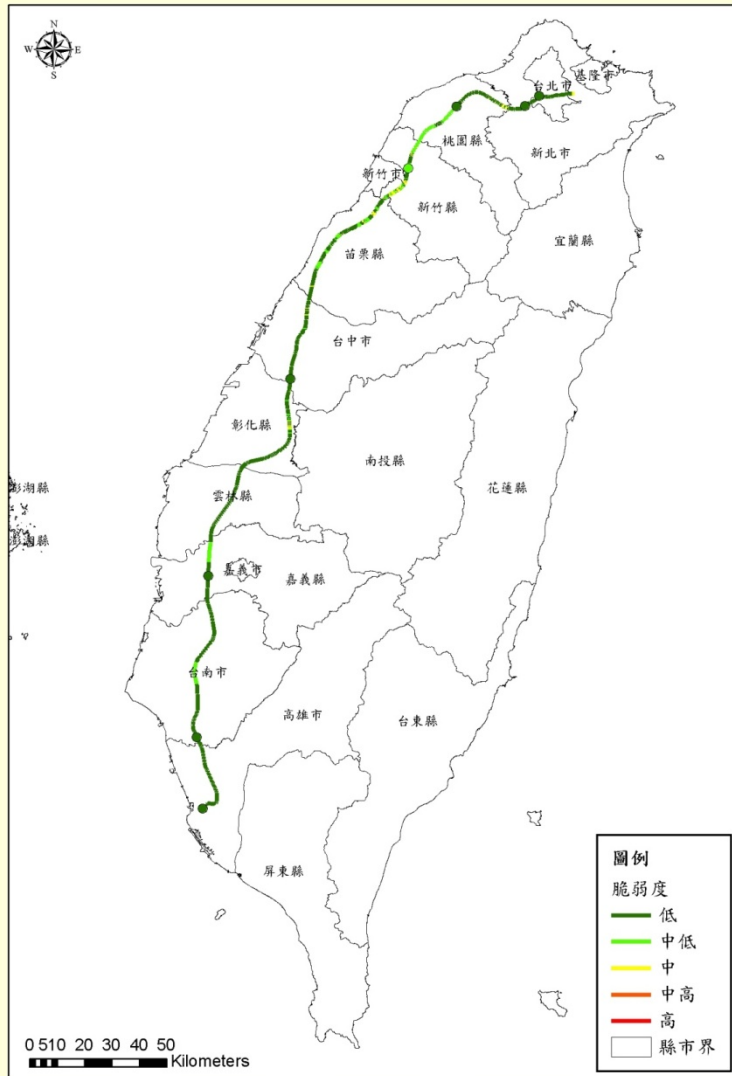
脆弱度熱點區位(9/10)

臺鐵未來莫拉克颱風再現情境新增熱點分布區位
與熱點成因彙整

分類	縣市	熱點	熱點主要成因
西部幹線	基隆市七堵區	9K~10K	淹水潛勢等級提升至高級
	新北市汐止區	11K~14K、 16K~17K	淹水潛勢等級提升至高級
	新北市松山區	22K~23K	淹水潛勢等級提升至高級
	新北市鶯歌區	47K~48K	高地質災害潛勢、 敏感度等級提升至中級
東部幹線 (北迴線)	花蓮縣秀林鄉	47K~48K、 51K~52K	高土石流潛勢、 敏感度等級提升至中級
		49K~51K、 52K~56K	高地質災害潛勢、 敏感度等級提升至中級
車站	基隆市七堵區	百福車站	淹水潛勢等級提升至高級
	新北市汐止區	五堵車站、汐科 車站、汐止車站	淹水潛勢等級提升至高級



高鐵脆弱度地圖



脆弱度熱點區位_(10/10)

高鐵現況熱點分布區位與熱點成因彙整

縣市	熱點	熱點主要成因
新竹縣湖口鄉	66K~67K	高敏感度、高地質災害潛勢
新竹縣竹北市	70K~71K	高敏感度、高地質災害潛勢

高鐵未來莫拉克颱風再現情境新增熱點分布
區位與熱點成因彙整

縣市	熱點	熱點主要成因
新北市樹林區	19K~21K	高地質災害潛勢、敏感度由中高級提升至高級
桃園縣龜山鄉	20K~24K、25K~28K	高地質災害潛勢、敏感度由中高級提升至高級
新竹市東區	77K~78K	高地質災害潛勢、敏感度由中高級提升至高級
新竹縣寶山鄉	78K~85K、87K~88K	高地質災害潛勢、敏感度由中高級提升至高級
苗栗縣後龍鎮	107K~108K	高地質災害潛勢、敏感度由中高級提升至高級
苗栗縣苑裡鎮	130K~131K	高地質災害潛勢、敏感度由中高級提升至高級



脆弱度地圖 (1/4)

熱點案例-省道脆弱度地圖





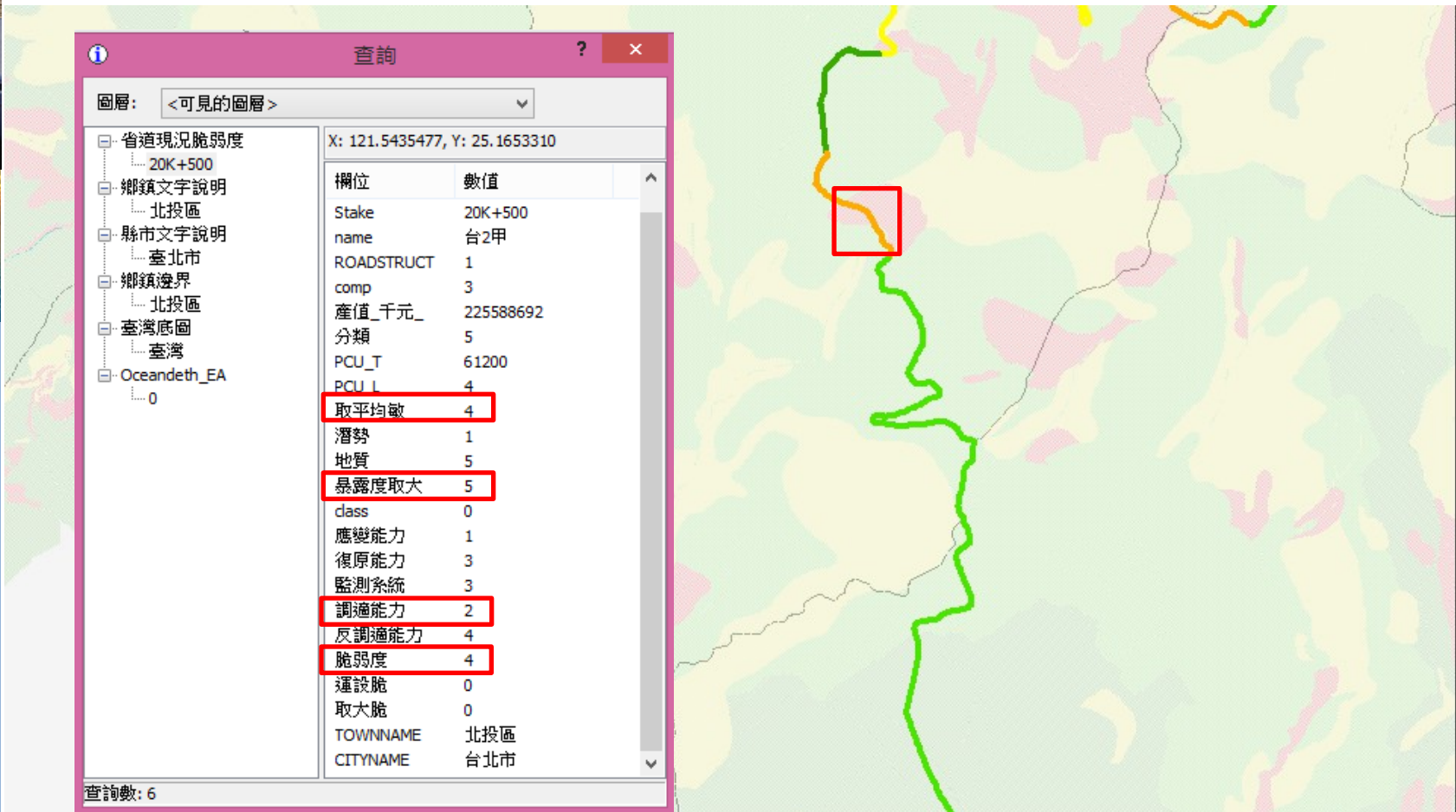
脆弱度地圖 (2/4)

省道脆弱度地圖-放大



脆弱度地圖 (3/4)

省道脆弱度地圖





脆弱度地圖 (4/4)

非熱點案例-國道脆弱度地圖



結語 (1/3)

- 本研究係針對全國重大鐵公路系統於考量氣候變遷的情境下，進行**大尺度**的熱點分析，透過**系統性、客觀性**的科學論證分析方式，評估災害可能造成的影響程度。
- 其中，**氣象**變化的相關資料與訊息，為本研究相關衝擊分析的**基礎**。未來相關評估指標仍可再精進，以更符合各重大鐵公路系統之關鍵指標進行脆弱度評估。
- 各鐵公路主管機關後續可針對熱點，分析其脆弱度成因，藉以進行有效的氣候變遷調適作為，降低重大鐵公路系統之脆弱度，提升在氣候變遷下之調適能力，進而維持其應有之運作功能及減少對社會之衝擊。

結語_(1/3)

- 本計畫之脆弱度研究，除考量交通系統座落位置遭受**自然環境的潛在影響**外，並考量該交通系統設施的**社經條件**(產值、日乘客數或日交通量)，及設施的**調適能力**(替代運輸、監測系統、維修配置點距離)。因此高暴露度的地方，若敏感度低或調適作為極好，則可降低該處的脆弱度。
- 從分析結果顯示，脆弱度地點大多分布於**中部以北、宜蘭及花蓮**部分路段，災害主因大多為**高地質災害潛勢**，僅部分熱點路段(如國道部分交流道、快速公路及部分省道路段)屬高淹水潛勢。未來新增之熱點主因為**淹水潛勢**等級增加或**敏感度**等級增加，導致脆弱度等級提升。



簡報完畢
敬請指教