

出國報告（出國類別：考察）

考察日本於劇烈氣候下之封路封橋機制

服務機關：交通部公路總局

姓名職稱：李佳輯 分組長

派赴國家：日本

出國期間：102 年 11 月 4 日至 9 日

報告日期：103 年 1 月

考察日本於劇烈氣候下之封路封橋機制

摘要

日本約有 2/3 國土屬於山岳丘陵地形、四面環海、地處環太平洋地震帶，亦有颱風侵襲；災害形式方面，日本的道路也受到落石與土石流等威脅；因此，日本的地理環境、位置、受災模式皆與台灣類似，且雙方於歷史、文化亦有相當交集，故赴日本進行考察，走訪現地（國道 156 號、NEXCO 中日本一宮管制中心、首都高速公路大橋交流道）、拜訪學術單位（金澤大學）、公路管理單位（NEXCO 中日本本社、金澤分社、名古屋分社）、及參加研討會（第 5 屆台日韓隧道火災安全研討會）與高速公路科技展等，考察範圍擴展到產、官、學、研等層面，以期能了解日本對於豪雨的災害情報使用，及其公路預警應變機制，以做為公路總局於災前預警及封路封橋業務之參考。

目次

壹、 目的.....	3
貳、 過程.....	4
一、 富山縣.....	5
(一)、 國道 156 號考察.....	5
二、 石川縣金澤市.....	8
(一)、 石川縣公共工程之評選方式.....	8
(二)、 石川縣劇烈降雨之交通管制判定標準.....	11
(三)、 NEXCO 中日本高速公路災害交通管制標準.....	17
三、 東京都.....	26
(一)、 第 5 屆台日韓隧道火災研討會.....	26
(二)、 高速公路科技展.....	27
(三)、 現地參訪：大橋交流道（隧道式交流道）.....	29
參、 心得與建議（依參訪順序）.....	32
一、 邊坡防護設計概念.....	32
二、 石川縣公共工程評選機制.....	32
三、 邊坡分級機制.....	32
四、 劇烈天候道路管制基準.....	32
五、 劇烈天候道路管制後致災機率.....	32
六、 震後道路管制後解除機制.....	33
七、 公共工程加值設計的省思.....	33
八、 科技產品之道路防災應用.....	33
肆、 附錄.....	34

壹、 目的

近年來劇烈氣候發生之頻率有增加趨勢，造成對公共道路的影響越來越大。為了解與台灣地理環境相似的國家於災前之防治與預警、災中管制、災後修復等因應方式並作為未來業務之參考，故赴日本進行考察，走訪現地、學術單位、公路管理單位、及參與研討會等，考察範圍擴展到產、官、學、研等層面，以期能了解日本對於豪雨的災害情報使用，及其公路預警應變機制，以做為公路總局於災前預警及封路封橋業務之參考。考察前往地點與相關目的如下：

一、 富山縣

(一)、 藉現地訪察，以了解日本道路、橋梁、隧道之防災設施。

二、 石川縣金澤市、愛知縣名古屋市

(一)、 災前，對公路邊坡的調查及防治設施之工法選用，及防治工程的招標方式。

(二)、 災中，了解豪雨災害及其他災害發生時，情報之應用與緊急狀況的應變機制。

(三)、 災後，道路與防治設施的修復及補強之方式。

三、 東京都

(一)、 參加第 5 屆台日韓隧道火災研討會，技術交流。

(二)、 參觀高速道路科技展。

(三)、 日本高速公路實地考察。

貳、過程

此次海外考察之國家為日本，除了解劇烈氣候下之封路封橋機制，也一併對日本道路系統於災前、災中、災後的運作與因應方式進行考察。行程之內容彙整如表 1。

表 1 日本產官學考察行程表

日期		考察標的	地點	考察內容
11/04 (一)	上午	前往日本	-	-
	下午	國道 156 號 現地視察	富山縣	考察日本道路、橋梁、隧道之防災設施
11/05 (二)	上午	金澤大學	石川縣 金澤市	石川縣公共工程之評選方式 政府機關於劇烈氣候下之交通管制方式
	下午	NEXCO 中日本 金澤分社		民營化國道公路管理單位於劇烈氣候下，對道路、隧道災害之判斷標準與應變處理
11/06 (三)	上午	NEXCO 中日本 本社	愛知縣 名古屋市	與 NEXCO 中日本本社人員研討道路管理機制
	下午	NEXCO 中日本 一宮管制中心		國道公路行控中心參訪
11/07 (四)	上午	第 5 屆台日韓 隧道火災安全研討會	東京都	隧道火害學術研討
	下午			
11/08 (五)	上午	高速公路科技展	東京都	高速公路科技展覽會與首都高速公路大橋交流道實地參訪
	下午	首都高速公路大橋交流道實地參訪		
11/09 (六)	上午	返回台灣	-	-

考察之內容，以地區作分類，並依照表 1 所安排之行程順序說明。

一、富山縣

(一)、國道 156 號考察

首先與富山縣防災協會人員研討，並參訪當地道路防災設施。

日本道路防災意識的提升，源自於 1968 年岐阜縣的飛驒川事件：最大時雨量 149 mm/hr 的集中豪雨引發了土石流，使遊覽車翻覆至河川造成 104 人死亡，這是日本史上因劇烈天候最大用路人傷亡事件。此後，在產、官、學三方的合作下，訂定了相關規範（如總點檢實施要領・道路坡面・土構造物編），及編訂了設計手冊（如日本道路協會之「落石對策便覽」）作為設計參考依據，這次事件也是日本開始利用雨量作為交通管制的濫觴。

針對落石防治，台灣多以「剛性」工法如明隧道為主流；在日本除了剛性工法，也有相當多「柔性」工法的應用，如落石防護網與防護柵，更有不少剛性與柔性工法搭配應用的實例。本次海外考察首先前往位於富山縣的國道 156 號（相當於台灣的縣道）勘查，發現其道路防災設施設置的密度相當高，採用工法與台灣也有些不同：如圖 1 之明隧道，剛性的主結構體上方頂板會搭配柔性的緩衝材如砂層墊、發泡聚苯乙烯（又稱 EPS）等，當其受到落石或土砂衝擊時緩衝材可消散大部分衝擊力，故隧道本體的斷面設計（如柱）可縮小；此外為縮短施工工期，明隧道多以預鑄方式施作，並且政府於道路規劃階段就已預先作好此類構材之運輸等配套，以利未來預鑄明隧道因災需修復時之可能性。



圖 1 剛性預鑄式明隧道（頂板採柔性 EPS 工法）

在沒有土石流威脅及落石彈跳高度較小處，則多採用較不遮蔽景觀的工法，如剛性的落石棚（圖 2），其頂板亦有緩衝材設置。設置緩衝材雖會增加成本，但主結構體縮小的斷面設計卻能降低成本；如此消長之下這類『剛柔並濟』的工法不見得有較高成本，防護性能卻能有所提升。



圖 2 剛性預鑄式落石棚（頂板採柔性 EPS 工法）

柔性的防護柵則是本次考察最常見的防護設施，也是日本道路防災最普遍使用的設施，除了能單獨設置，亦能與其他設施搭配使用，如圖 3 及圖 4。柔性防護柵中同樣設有緩衝裝置（圖 5），可消散落石或崩壞土砂之衝擊能量，也能大幅降低對基礎的影響，為日本柔性防護柵工法與台灣傳統防護柵工法的最大差異之處。



圖 3 柔性防護柵搭配剛性落石棚



圖 4 柔性防護網（Easy Net 工法，圖左上）
搭配柔性防護柵（High Power Earth Fence 工法，圖右下）



圖 5 柔性防護柵（High Power Earth Fence 工法）之緩衝裝置

二、石川縣金澤市

(一)、石川縣公共工程之評選方式

前往金澤大學拜訪理工學域環境設計學類的前川幸次教授，除了討論現有的剛、柔性防災設施及概念，前川教授也介紹了開發中的技術；此外還引薦了石川縣政府人員，交流彼此在防災制度上的差異。例如石川縣採用的公共工程評選標準，是以「綜合評價競標方式 (Comprehensive evaluation bidding method)」進行，此方式大致上與台灣的最有利標評選方式相似：得標者 (Successful bidder) 為評價值最高的企業 (Max evaluation value)。評價值的計算方式如下：

$$\text{評價值(Evaluation value)} = \frac{\text{得分}}{\text{價格}} = \frac{\text{基礎點數} + \text{加算點數}}{\text{價格}} \quad (1)$$

式中「基礎點數 (Basis point)」的配分為 100，與台灣最有利標評選項目之總分相同，不同之處是在得分中另外加入了額外的「加算點數 (Additional point)」，如此一來除了能以基礎點數評價投標廠商提出的服務內容，也能由加算點數評價投標廠商本身的技術能力與地域性；其中「價格 (Price)」指的是投標廠商所提出的標價金額，作為評價值之考量因素。「加算點數」則依據工程之易難程度分為三種型態：評價 II (18 分)、評價 I (23 分)、提案型 (20~50 分)，如表 2 所示。

綜整石川縣府之綜合評價競標方式，其所採用之評價項目 (Evaluation item) 共有下列六項指標：

1. 技術提案 (Technical proposal)
2. 企業的技術能力 (Corporate technology power)
3. 技術者 (Engineer)
4. 地域貢獻 (Contribution to the community)
5. 地域精通度 (Region)
6. 談合 (Bid-rigging)

表 2 綜合評價方式評分點數基準（工程修繕課發包）

	評估項目	評估內容	評估標準	提案	評估 I 型	評估 II 型	備考
工法 技術提案	對施工計畫的技術提案	業主指定關於工程上應注意事項之評價	<ul style="list-style-type: none"> ■ 對以下 3 點給予優評：確實掌握現場狀況以及本採購之瞭解程度；有記錄重點要項者；有獨家技術者 ■ 對以下給予次優：介於優與中間的技術 ■ 對以下給予中評：確實掌握現場狀況以及對本採購之瞭解程度；有記錄一般要項者；能看到工法技術者 ■ 對以下給次低：介於低與中間的技術 ■ 對以下給最低：瞭解本採購，但看不到工法技術者 ■ 不理解本採購：給予 0 分 	20 ~ 50	10	-	-
	簡易提案	在考核項目內記載內容之評價	<ul style="list-style-type: none"> ■ 對以下給予優評：確實掌握現場狀況者；適當條列獨家技術者 ■ 對以下給予次優：介於優與中間的技術 ■ 對以下給予中評：確實掌握現場狀況者；適當條列一般技術者 ■ 對以下給次低：介於低與中間的技術 ■ 對以下給最低：條列指定項目，但看不到工法技術者 	-	-	5	-
工法、 技術能力的 評估	相同的 施工 實績	過去 15 年間 有的工程實 績	在石川縣內有相同工程的實績	-	(2)	(2)	尤其是需要 專業能力之工程
			在石川縣內無相同工程的實績		(0)	(0)	
	施工 成績	過去 5 年 (1~12 月)石 川縣發包工 程之中、此 類型的工程 成績評價平 均分數	80 分以上		4	4	【土木工事】過去 3 年 工事考核之平均分數 【維修工事】過去 5 年 工事考核之平均分數 (若是石川縣外的企業 在石川縣內無實績，北 陸地方整備局的施工 考核成績也可適用)
			78 分以上未滿 80 分		3	3	
			75 分以上未滿 78 分		2	2	
			70 分以上未滿 75 分		1	1	
			65 分以上未滿 70 分		0.5	0.5	
			沒有實績		0	0	
			未滿 65 分		▲2	▲2	
	優良 施工	在石川縣內 過去 2 年有 無優良施工 表彰(限此 種)	受縣長表揚 1 次以上或部長表揚 2 次以上		1	1	-
受部長表揚 1 次以上或所長表揚 2 次以上			0.5	0.5			
受所長表揚 1 次以上			0.25	0.25			
上述以外			0	0			

表 2 綜合評價方式評分點數基準（工程修繕課發包）（續）

	ISO 認證	ISO9001、ISO14001	ISO9001、ISO14001 兩者皆有	1	1	-
		石川縣廠商版環境 ISO、綠能事業 21 標章	除了 ISO9001、還擁有石川縣廠商版環境 ISO 或綠能活動 21 標章	0.75	0.75	
		持有 ISO9001 或 ISO14001	持有 ISO9001 或 ISO14001	0.5	0.5	
		持有石川縣廠商版環境 ISO 或綠能事業 21 標章	持有石川縣廠商版環境 ISO 或綠能事業 21 標章	0.25	0.25	
		上述以外	上述以外	0	0	
專案計畫擔當技師能力	同類的施工實績	過去 15 年有無相同工程的實績	有相同施工的實績	1	(1)	尤其是需要專業能力之施工
		無相同工程的實績	無相同施工的實績	0	(0)	
	技師資格	持有主任(監理)技師的資格	符合建設業法第 15 條第 2 項第 1 或第 2 款業界資格規定	-	1	-
			(擁有一級國家資格或同等資格)	-	0	
在地貢獻度	救災活動	去年有無締結災害救助活動契約	廣域救災協定、地區救災協定兩者皆是	2	2	-
			有廣域救災協定或地區救災協定之一	1	1	
			上述以外	0	0	
在地性	依據建設業法，其事務所所在地	此工程地點與其事務所所在地的關係	事務所位於工程發包之鄉鎮區行政區內	3	3	若有鋪路工程則不另計
			事務所位於工程發包之土木事務所轄區內	2	2	
			事務所位於工程發包之綜合土木事務所轄區內	1	1	
			上述以外	0	0	
不當行爲	停業要求	2010.07.28 之後，發現觸犯妨礙採購、私下協議、違反禁止獨佔(公平交易)行爲的指定停業廠商不可參加投標。以及廠商恢復營業的隔天起～投標截止日期的隔天計算未滿 6 個月	-2	-2	-2	-
分數合計			20 ~ 50	23 (25)	18 (21)	-

(二)、石川縣劇烈降雨之交通管制判定標準

經歷了 1989 年 7 月福井縣發生落石事件（玉川岩盤崩壞事件，40m（推定重量 1500 噸）大規模的岩盤崩落，毀壞落石防護工後，造成 15 名用路人死亡事件），日本針對道路降雨災害擬定了更明確的評估標準，但各地方單位可因地制宜進行調整。以石川縣為例，集結了專家將危險路段重新檢核與評估，同時搭配經驗法則進行「道路安全性評估（Safety Road Assessment）」，並按圖 6 之流程進行道路危險度判定與通行標準及雨量標準之制訂，作為遭遇劇烈氣候時各路段是否進行道路交通管制的標準。

1. 道路危險度判定與通行標準

道路危險度之判定，是先以邊坡概略調查（A 調查）潛伏危險邊坡之各項災害潛勢，配分如表 3；再結合邊坡詳細調查結果（B 調查，如表 4），搭配表 5 以衡量各個道路區間的危險度。危險度共分爲 5 種等級，分別爲 A⁺、A、B⁺、B、C，其中 A⁺等級之危險度最高，依英文字母順序越趨安定，故 C 等級之崩壞機率最低、滑落之危險性低。

此外，針對交通量在 12 小時內達到 1000 輛次（公車除外）之地區，劃分道路危險度分爲 A⁺、A、B⁺、B 等級作為通行之判定標準。經判斷，若某路段之危險度等級爲 A⁺或 A，即達到交通管制區間之封路標準；再考量道路等級、有無彎曲路段、通行量、路線分歧點等特性決定是否進行封路。

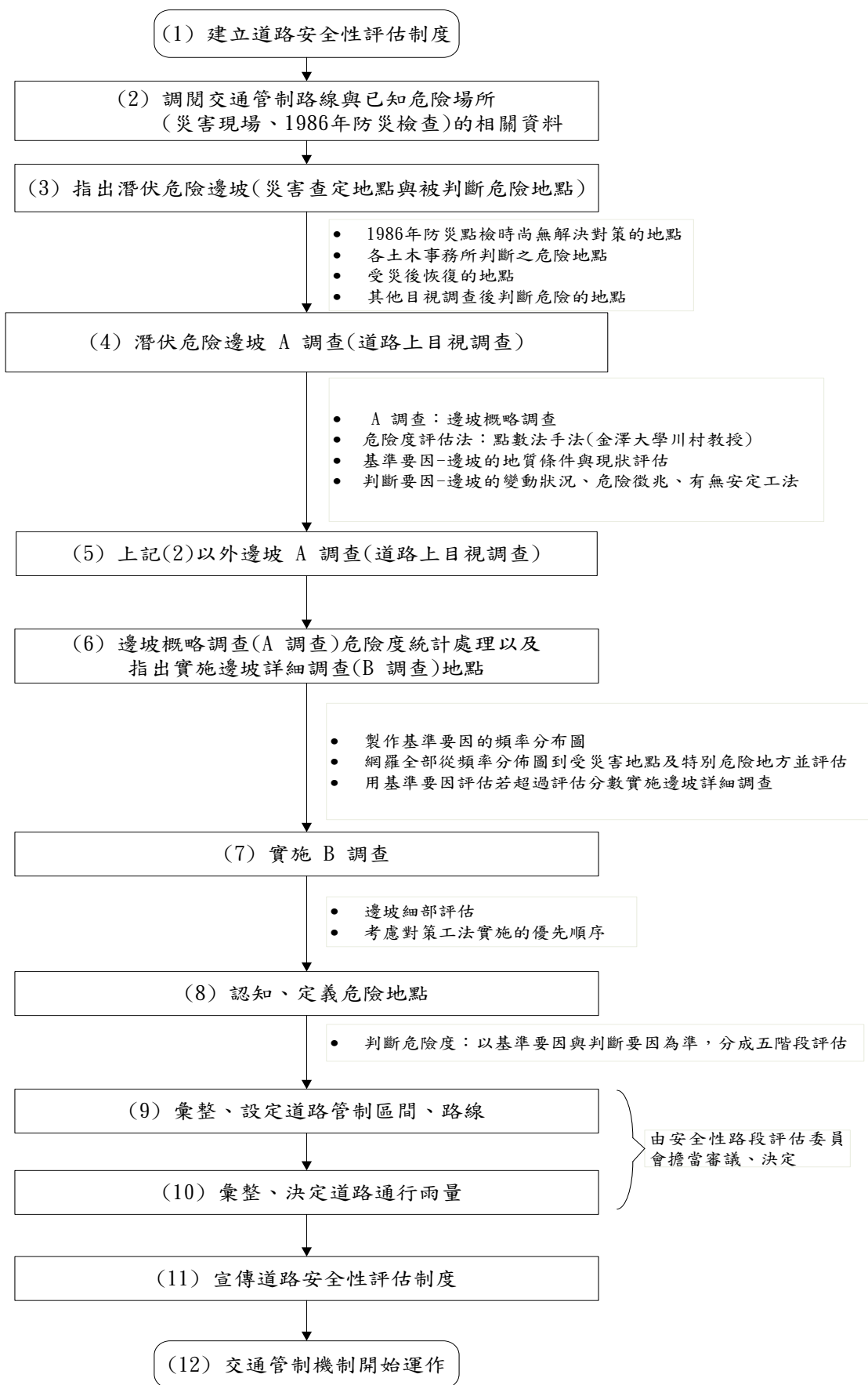


圖 6 道路安全性評估制度流程

表 3 潛伏危險邊坡之調查點數 (A 調查)

	No.	項目	子項目	點數	得點	備註
基準要素點	1	坡面高 H (m)	H < 15	2		
			15 ≤ H < 30	7		
			30 ≤ H < 50	9		
			50 ≤ H	10		
	2	坡角 α	α ≤ 1:1.0	1		
			1:1.0 < α < 1:0.5	6		
			1:0.5 ≤ α	7		
	3	懸垂	有	5		
			無	0		
	4	地質條件	邊坡有浮石或轉石	9		
			風化或侵蝕後殘留石	7		
			風化、變質、邊坡裂隙	6		
			液化潛勢	4		
			節理發達之岩石	4		
			砂質土	3		
			粘質土	1		
	5	植生狀況	0.5 cm 以上	3		
			0.5 cm 未滿	0		
	6	湧水	有	2		
			無	0		
	7	落石	平均一年 1 次以上	5		
平均一年 1 次以下			3			
無			0			
小計			點			
判斷要素點	8	坡面的崩壞、侵蝕、變形	有	a		
			無	c		
	9	既有的防護工法有無異狀	有	a		
			無	c		
	10	既有的防護工法	無防護工法	a		
			只有邊坡保護工法	b		
			完整的防護工法	c		
	11	坡面的危害因素	顯著	a		
			若干	b		
			無	c		
	小計			a :	b :	c :

表4 危險場所調查表 (B 調查)

土木事務所		檢查日	平成2年9月14日								珠-001	
道路類別		路線名稱	所在地	逢坂隧道出口	範圍	45 m	路寬	13(6) m	交通量	台/日		
危險內容		發生危險 (最近)	年月日 有・無	發生程度	(量) (大小)	既有工法	有・無					
調查・試驗		有・無	地形狀況	山頂	民宅	無	既有工法狀況					
邊 坡 等 狀 況	(1)邊坡高	45m		(7)懸垂狀況	邊坡上端部表土有懸垂狀況。 H=40m 處的樹林間，有直徑 1m 大浮石裸露、且有部分有懸垂狀況。	(10)浮石・邊坡的崩落痕跡	坡緩處有土砂混礫岩堆積	判斷危險度				
	(2)邊坡夾角	40° ; 90°						基準 要因	判斷 要因	判斷 危險度	重要 程度	緊急 程度
	(3)樹林植生狀況	有土砂崩壞現象，而山崖另一邊則有草木。						34	A	1	A+	○
	(4)邊坡方向	北北西向		B	0							
	(5)侵蝕狀況	無		C	3							
	(6)浮石狀況	H=20m 處有直徑 10cm 左右不安定之浮石。 H=40m 處的樹林間，有直徑 1m 大浮石。		(8)湧水狀況	無	(11)邊坡安定工法	格梁工法裡有缺少部分構件，但無特別異狀					
(9)地質・地盤狀況	邊坡有土砂混礫岩堆積與直徑 10cm 礫岩散佈。 H=40m 處之節理面與道路平行，且夾帶浮石。		(12)綜合評價	柵欄 H : 1.2m L : 45m 無異狀								
綜合評價												

表 5 危險度判定分級基準

(No.1~7 小計)		基準要素點		
		15 點以下	16~30 點	31 點以上
判斷 要素點	1 個以上的 a	B ⁺	A	A ⁺
	2 個 b，或全部 c	B	B ⁺	A
	1 個 b，或全部 c	C	B	B ⁺

A⁺：崩壞機率高、滑落危險度最高，盡速實施防災對策工法

A：崩壞機率中、滑落危險性高，實施防災對策工法

B⁺：崩壞機率中、滑落危險性稍高，採取防災對策工法

B：崩壞機率低、滑落危險性稍高

C：崩壞機率低、滑落危險性低

2. 雨量基準之制定

訂定管制雨量基準，可透過連續雨量、當日雨量、時雨量等指標為依據作為道路安全性評估的基準。然而，石川縣發展出該地區特殊的判斷指標：連續雨量、當日雨量、前三日雨量。分別之定義以下闡釋：

- (1) 連續雨量：從降雨開始到降雨停止間之累計雨量；若期間中斷時間超過 2 小時即不連續（2 小時以下則持續累積）
- (2) 當日雨量(R_0)：自交通管制執行起，過去 0~24 小時的累積雨量
- (3) 前三日雨量(R_3)：自交通管制執行起，過去 24~96 小時的累積雨量

「異常雨量」之判定標準，則是依據時間內之降雨量而定：

- (1) 連續雨量達 110mm 以上，判定為異常
- (2) 當日雨量達 110mm 以上，判定為異常

此外，石川縣政府蒐集了該地區的長期雨量資料及產生之災害，將其回歸為公式如下，若 R 值超越標準值亦判定為異常氣候：

$$R = 2.36364 \times (R_0 + R_3) < 260 \text{ mm} \quad (2)$$

異常雨量狀況之解除，為連續雨量停止 3 小時以後，經巡邏判斷確認情況安全方可解除。

以某年 5 月 25 日石川縣之降雨情形，舉二例說明異常氣候之判定方式。降雨量與時間關係如圖 7，判定結果對照表 6 與圖 8。

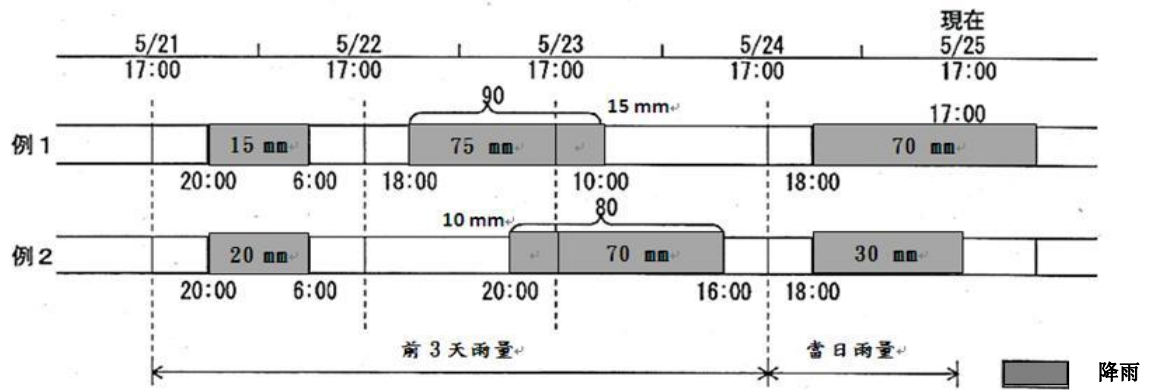


圖 7 降雨時間軸

表 6 異常雨量判定

	例-1	判定標準	例-2	判定標準
三日先行雨量 R_3	105mm	$R=270.46 \geq 260\text{mm}$ 失敗	100mm	$R=170.91 \leq 260\text{mm}$ 合格
當日雨量 R_0	70mm		30mm	
連續雨量	70mm	$70 \leq 110\text{mm}$ 合格	$80+30=110\text{mm}$	$110 \leq 110\text{mm}$ 失敗
判定結果	異常雨量		異常雨量	

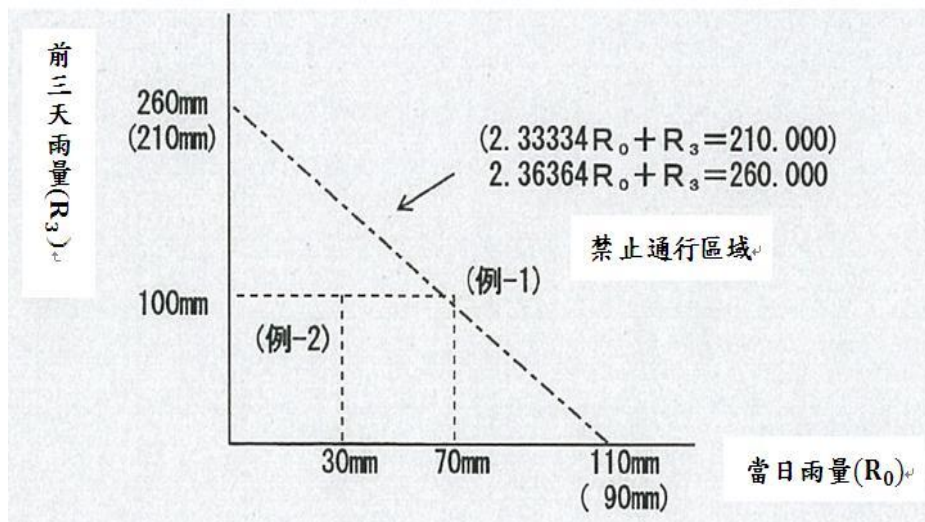


圖 8 前三日雨量與當日雨量關係

(三)、NEXCO 中日本高速公路災害交通管制標準

日本的民營化高速公路管理公司 NEXCO 中日本（前身爲道路公團），針對高速公路可能遭遇之各種災害擬定了應對措施。以下將介紹 NEXCO 中日本所歸類之災害形式與警戒等級，並以台灣較易發生的降雨與地震爲例，作爲道路危機管理的參考。

1. 災害形式分類

舉凡地震、海嘯、異常降雨、颱風等等，皆可能爲公路建設所無法避開的災害，因此歸類了可能發生之災害如圖 9，作爲災害防救的思考起點。



圖 9 高速公路可能發生之災害圖

災害之警戒等級是由 NEXCO 本社訂出概略基準（表 7），再由各分社與中心依地方特性詳細制定。

表 7 災害類型與警戒等級

區分	地震	異常降雨	強風	事故
注意 機制	-	每小時雨量超過規制協議基準或發佈大雨洪水警報，管制行車速度。	平均風速超過規制協議基準，發佈暴風警報。	死傷者、事故車輛較少，實施交通管制。
警戒 機制	計測震度 4.0 以上，管制行車速度。	連續雨量達到實施交通管制基準。	強風至行車危險，實施禁止通行。	死傷者、事故車輛稍多或隧道火災，實施禁止通行。
緊急 機制	計測震度 4.5 以上，實施禁止通行到確認無災害發生。	連續雨量達到實施禁止通行基準。	強風導致飛散物堆積在路面，以及道路結構發生異變。	死傷者或者事故車輛比較多，需要長時間禁止通行。
非常 機制	計測震度 5.5 以上，長時間禁止通行，詳細檢查結構物與道路，安全無虞才可通行。	長時間實施禁止通行，至雨停後確認到路安全無虞。	-	超大型事故，需長期禁止通行，對社會影響大。

2. 異常雨量的基準值之制定

因高速公路所在地區不同，NEXCO 可自行訂定各地區異常雨量之基準，透過連續雨量¹、時雨量等指標作為道路安全性評估的基準，流程如圖 10 所示。方法為採用過去 20 年間所觀測的數據，訂定「連續雨量」及「組合雨量」之異常基準值。舉例如下：

「連續雨量」之基準，是觀測過去大規模連續降雨最易引致土砂崩落災害之經驗，剔除過去 20 年間第 1~2 高、保留第 3~4 高之降雨量，故訂定 340mm 為連續雨量之基準值。超越此基準之雨量即屬異常，一地區發生機率約每 5~6 年一次；然而，依照道路之重要性及各地區特性，可調整為每 10~20 年發生一次。

「組合雨量」之基準，某一地區訂定為連續雨量 220mm 及時雨量 50mm/hr 之情形。連續雨量超越 220mm 之機率約 2~3 年發生一次，時雨量 50mm/hr 則為排水工法所設計之最大排水量，約 3 年發生一次。若其中一者超越基準即屬異常，施行速度限制；若連續雨量與時雨量二者同時超越基準則施行道路封閉，發生機率約每 5~6 年一次。組合雨量與異常連續雨量之發生機率相同，如圖 11 所示。

¹ NEXCO 之連續雨量中斷定義，為降雨停止時間超過 6 小時。

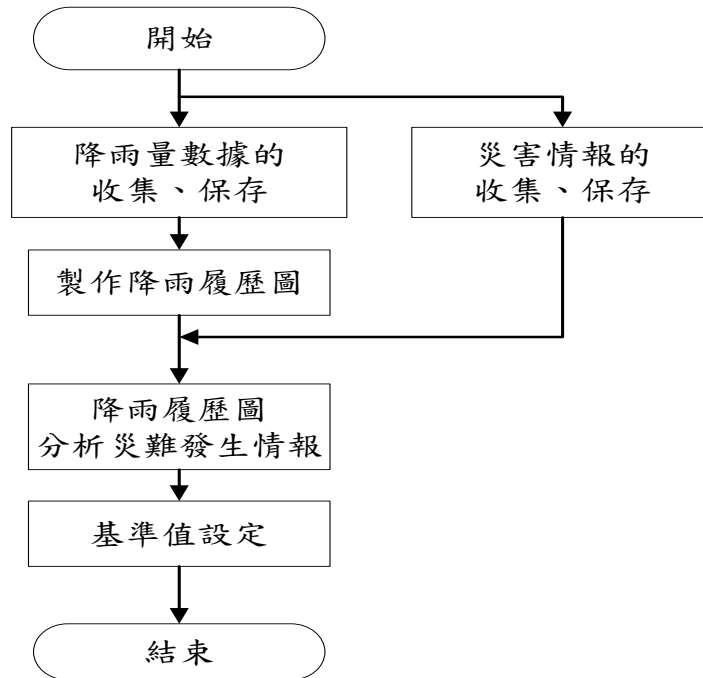


圖 10 異常雨量基準值設定流程

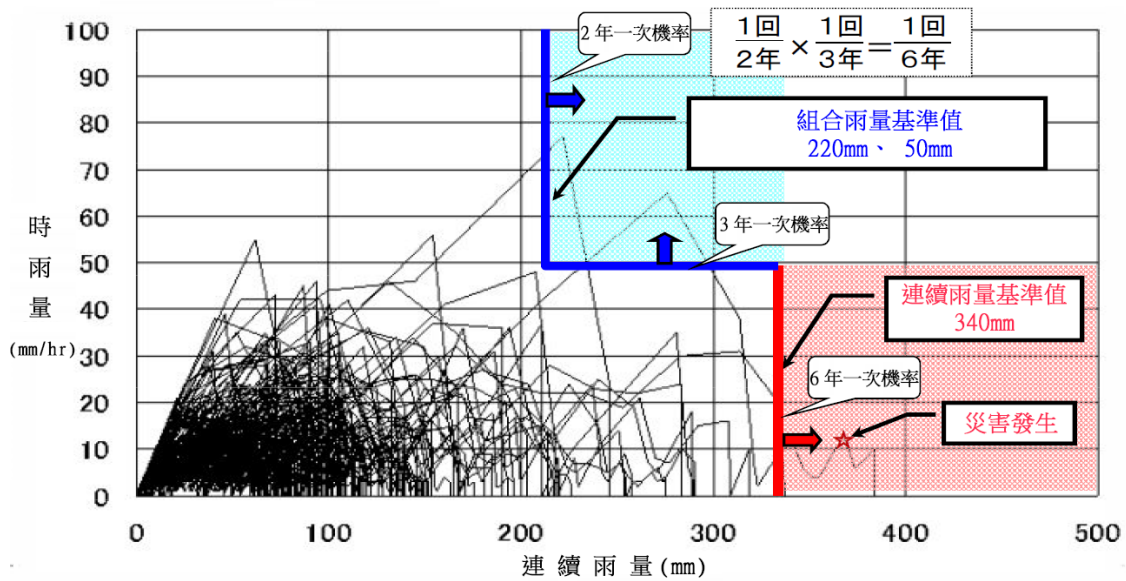


圖 11 異常雨量基準值範例

表 8 列出中日本地區各高速道路之異常氣候管制基準。除了降雨外，NEXCO 中日本也對地震、強風及其他突發狀況等訂定了限速或封閉標準，使用路人可安心使用高速公路並將災害之影響降至最低。

表 8 異常氣候之交通管制基準

地區		降雨			地震	強風		其他
		限制速度		禁止通行	禁止通行	限制速度	禁止通行	禁止通行
		連續雨量	時雨量	連續雨量	震度	最大風速	最大風速	
新東名	御殿場 JCT~新靜岡	230mm	55mm	300 mm	4.5 以上	15m/s 以上	20m/s 以上	發布海嘯警報
東名	富士~清水	220mm	50 mm	300 mm				
北陸道	加賀~金澤西	140mm	50 mm	200 mm				
名神	小牧~關原	170mm	50 mm	300 mm	5.0 以上			
中央道	八王子~上野原	190mm	45 mm	300 mm				
北陸道	木之本~武生	110mm	40 mm	200 mm	4.5 以上			敦賀~今庄核事故

綜整以上基準，發現石川縣與 NEXCO 中日本之異常雨量定義有所不同，是因管理責任劃分所致。故若有一通過石川縣之高速公路，該區間高速公路之異常雨量基準適用 NEXCO 中日本所訂定、高速公路以外之地區則採用石川縣基準。

3. 因異常雨量執行交通管制之統計

依照 NEXCO 中日本訂定的雨量基準，統計 2006~2011 年執行狀況(圖 12)：

- (1) 交通管制一共執行 23 次，其中連續雨量佔 9 次、組合雨量佔 10 次（組合雨量機制於 2000 年導入）
- (2) 6 年間共發生 8 次災害，當中有 4 次是未達雨量基準就發生災害，因而實施交通管制

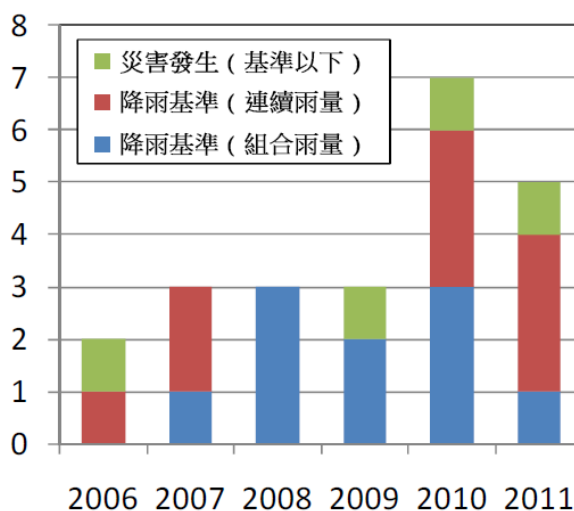


圖 12 禁止通行之實施狀況

4. 異常雨量之致災案例

災害例一：異常時雨量

2011 年東名阪道四日市一帶因時雨量過大導致土砂崩壞災害，詳細背景資訊如表 9。致災原因是由於產生了 101mm/hr 的時雨量（圖 13），造成公路旁山坡崩落約 200 m³的土砂，阻斷了三線道路如圖 14 所示。

表 9 案例一災害概況

地點	東名阪道四日市交叉路（JCT）附近
時間	2011 年 7 月 25 日（一）18:40 左右
概要	邊坡面有 2~3 段寬約 20 m，高約 15 m 左右崩落

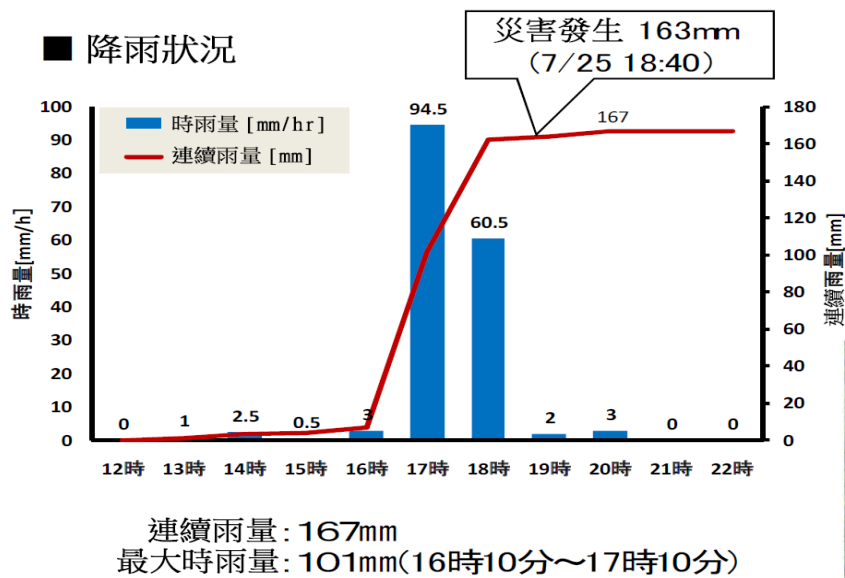
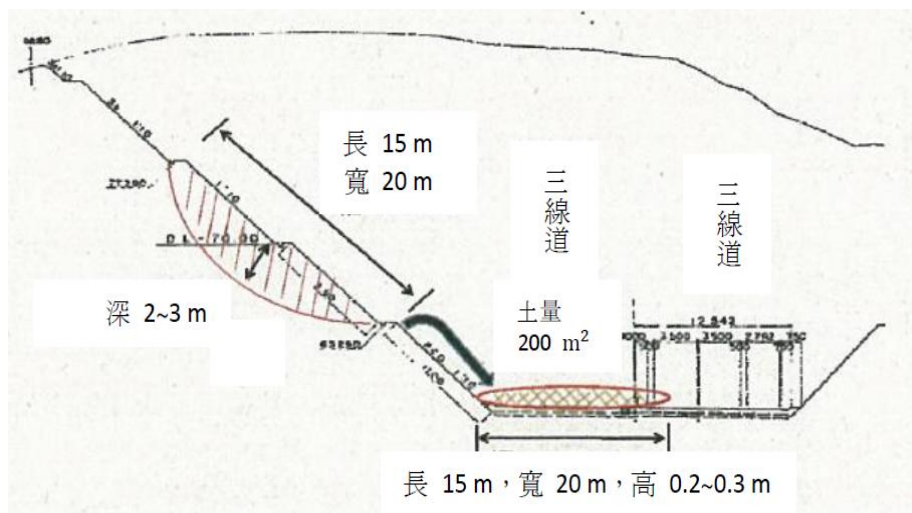


圖 13 案例一雨量圖



(a) 土石崩落剖面圖



(b) 土砂崩壞情形

圖 14 異常時雨量引致災害

災害例二：異常連續雨量

2013 年第 18 號颱風侵襲，導致名神高速公路某段因連續雨量過大而路基掏空之土砂崩壞情形，詳細背景資訊如表 10。颱風帶來了 183mm 連續雨量，造成了 $600 m^3$ 土砂崩壞；事後採鋼板樁與 H 型鋼穩定路基來快速恢復通行(圖 17)。

表 10 案例二災害概況

地點	名神高速公路八日市 ~ 彥根段
時間	2013 年 9 月 15 日 (日) 08:55
概要	道路路基掏空土砂崩壞
颱風規模	氣壓：965 hPa，最大風速：30 m/s
連續雨量	183 mm (2013/9/15, 13:00 ~ 9/16, 09:00)
每小時最大雨量	23 mm (2013/9/16, 04:00 ~ 05:00)

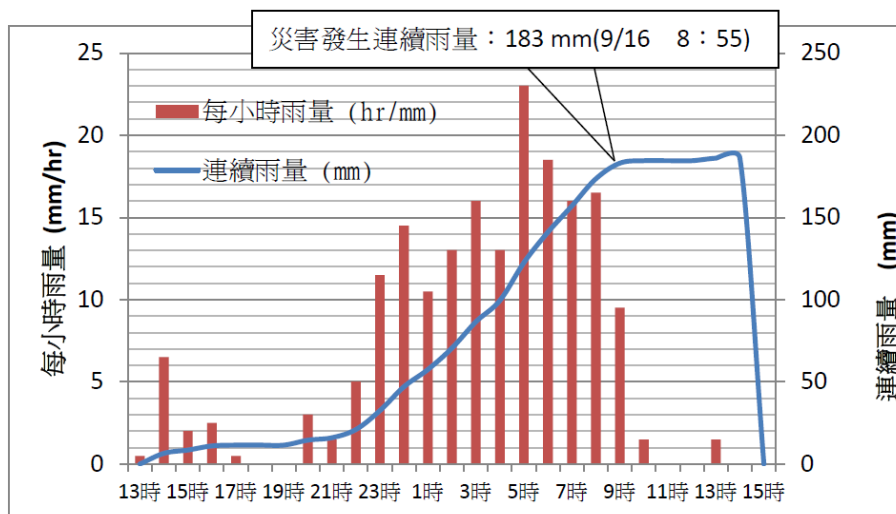


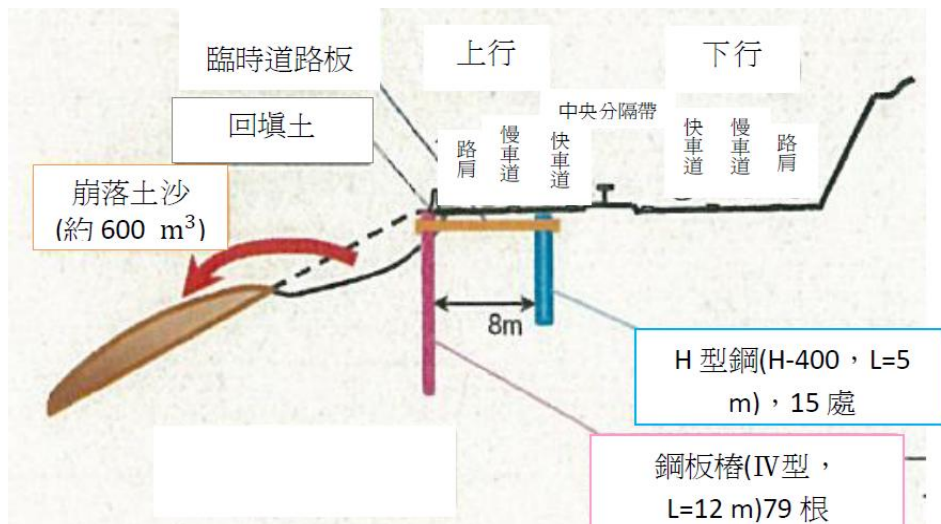
圖 15 案例二雨量圖

表 11 連續雨量與每小時雨量紀錄表

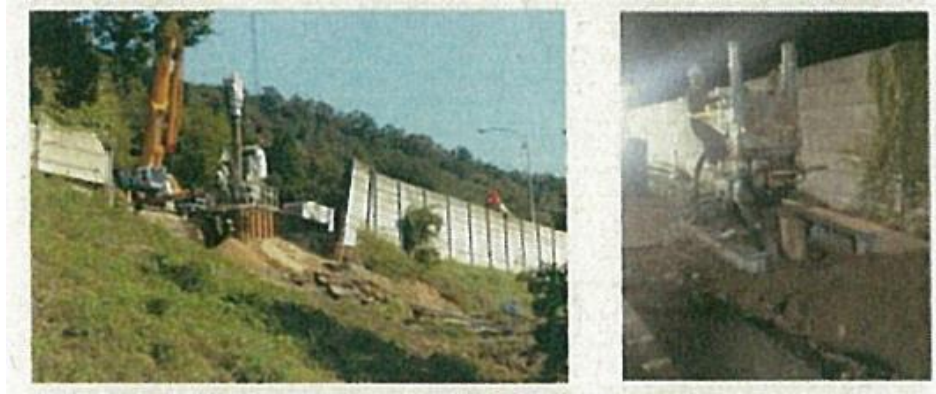
時間 (hr)	13 時	14 時	15 時	16 時	17 時	18 時	19 時	20 時	21 時
連續雨量 (mm)	0	6.5	8.5	11	11.5	11.5	11.5	14.5	16
每小時雨量 (mm/hr)	0.5	6.5	2	2.5	0.5	0	0	3	1.5
時間 (hr)	22 時	23 時	0 時	1 時	2 時	3 時	4 時	5 時	6 時
連續雨量 (mm)	21	32.5	47	57.5	70.5	86.5	99.5	122.5	141
每小時雨量 (mm/hr)	5	11.5	14.5	10.5	13	16	13	23	18.5
時間 (hr)	7 時	8 時	9 時	10 時	11 時	12 時	13 時	14 時	
連續雨量 (mm)	157	173.5	183	184.5	184.5	184.5	186	186	
每小時雨量 (mm/hr)	16	16.5	9.5	1.5	0	0	1.5	0	



圖 16 路基掏空情形



(a) 設計剖面圖



(b) 施工照片

圖 17 臨時修復工程

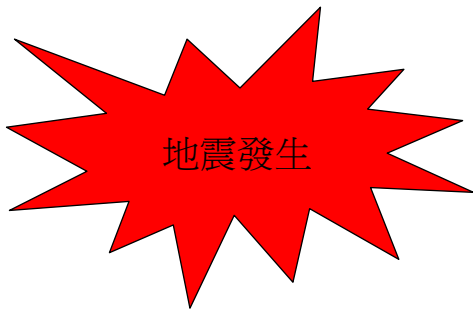
5. 地震發生前之防治與發生後應變措施

為減少地震發生時對結構物的影響，災害發生前須準備各種應變措施進行構造物的補強及維護管理計劃，如災害防治工程、防災制度的制定、防治設施的維護管理、監測系統的建立與定期維護（圖 18）。

地震災害發生時，高速公路的緊急應變機制及動員層級則如圖 19 所示。

<p>災害防治工程</p> <p>橋梁耐震補強工事</p> <p>のり面補強工事</p>	<p>防災制度的制定</p> <ul style="list-style-type: none"> 防災業務計画 防災業務要領 防災体制基準等設定要領 異常降雨時の通行規制基準設定マニュアル 災害点検要領 雪氷対策要領 <p>and more...</p>
<p>防制設施的維護管理</p> <p>のり面点検</p> <p>トンネル設備等点検</p>	<p>監測系統的建立與維護</p> <p>19</p>

圖 18 地震災害前對策



禁止通過

道路上的 LCD 資訊顯示板會和地震測量儀同步連線，當地震震度 4.5 度以上，會自動顯示「禁止通過」，4.0 以上，顯示「限制行駛速度」。

組織防災

依地震震度由管制中心、分社、總社三地構築防災體制

震度大小	管制中心		分社		總社			
	體制	負責人	體制	負責人	體制	負責人		
4.5 以上	緊急	所長	警戒	管制中心 總長	注意	組織長		
5 以上			緊急	安管 部長	警戒	安管 總部長		
5.5 以上	非常	所長			非常	分社長	非常	非常
6 以上			非常	非常			非常	非常

緊急點檢

以道路維護人員安全為前提，採用車上目視和步行的方式，確認國道毀壞的部份。

搶修作業

為了讓緊急車輛安全地通過，於毀損的橋梁與國道上架設臨時道路和暫時防護柵。

解除管制

「高速公路隊責任擔當」，「管區警察」，「管制中心組長」三方協議解除交通管制後方可執行。

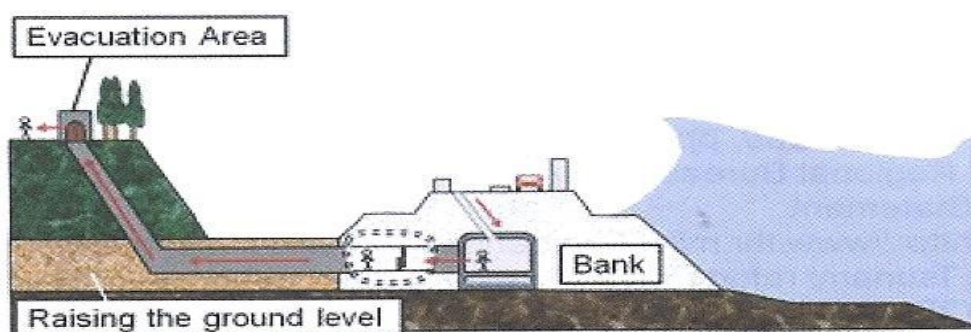
圖 19 地震災害對策

三、東京都

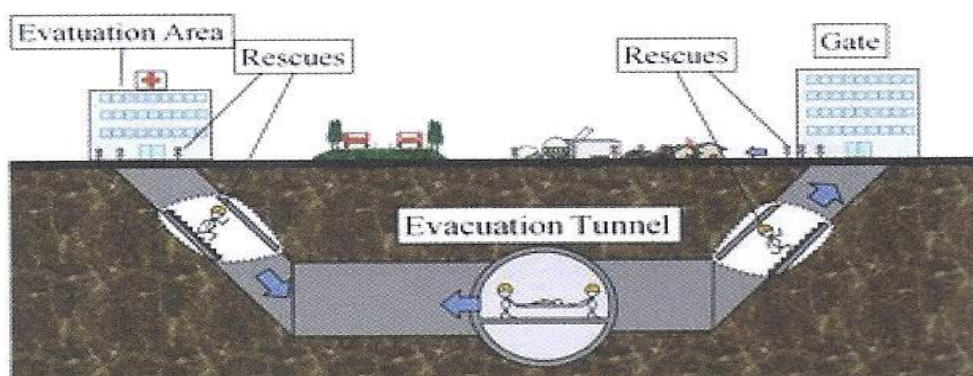
參加第五屆台日韓隧道火災安全研討會，會中邀請了台、日、韓隧道火災安全學者與工程專家分享研究成果與實務經驗；會後前往參觀高速道路科技展蒐集日本道路相關軟硬體新科技資訊，並現地參訪首都高速公路大橋交流道。

(一)、第 5 屆台日韓隧道火災研討會

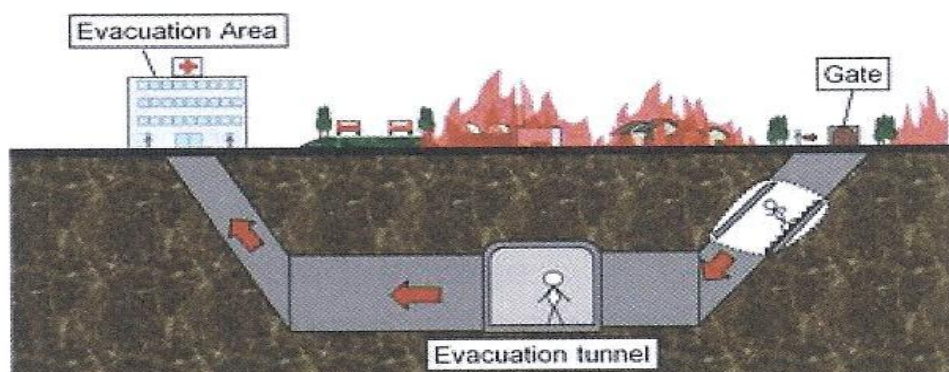
隧道除交通運輸上之應用，亦有疏散用途。例如在災害風險高之地區設置疏散隧道 (Evacuation Tunnel)，居民可於海嘯來臨時經由隧道移至高處避難；又或者於地震、火害發生時，透過隧道傷患快速送醫並減輕災害程度（如圖 20）。



(a) 海嘯發生之疏散



(b) 地震時輸送傷者就醫



(c) 火害時輸送傷者就醫

圖 20 疏散隧道之應用

(二)、高速公路科技展

此展覽由日本高速道路調查會、NEXCO 中日本、NEXCO 東日本、NEXCO 西日本、土木學會、地盤工學會等單位辦理，規模宛如台北世貿館辦理之大型展覽。以下將介紹參展所見的新科技。

1. 全自動交通標誌設置車

日本於高速公路檢測、維護與標誌設立改以全自動車施行（圖 21），可降低高速公路作業風險，且一名駕駛人力即能獨自完成設置作業。以車速 15km/hr 於 2 公里路程設置 100 個交通錐約需 8 分鐘；以車速 10km/hr 回收前述狀況之交通錐則約 12 分鐘。交通錐設置間隔可依道路延長設置，如間隔 30m，最大放置延長度達 9 公里。本自動車之交通錐最大搭載量為 300 個、交通標誌為 16 個。



(a) 交通號誌與交通錐載運情況



(b) 設置情況



(c) 交通錐設置

圖 21 全自動交通標誌設置車

2. 道路管理評價系統

高性能道路檢測車（圖 22）為 NEXCO 公司自行研發，可在車速達 100km/hr 情況下，以非破壞方式檢測車胎痕跡、路面開裂、平坦度等（圖 22）。使用 GPS 定位系統及陀螺儀精準地記錄行進之路線、時間以及道路縱、橫剖面資訊，便於後續維修補強之應用；測定時，即便有其他車輛同時行進也不造成影響。



圖 22 高性能道路檢測車

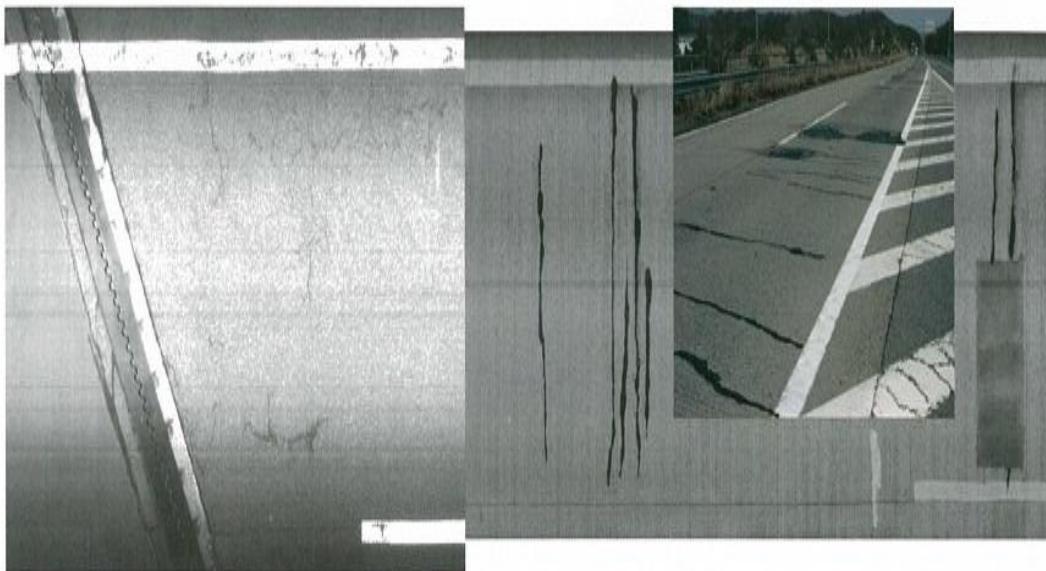


圖 23 路面探傷非破壞掃描結果

3. 緊急電源設備

設計為災害發生時所需之緊急電源設備，提供使用者於緊急時可隨時充電，或供應車輛運行所需電力（圖 24）。該設備體積類似一只公事包，採用蓄電池並有多種插座因應不同情況，另可與太陽能電池結合擴充其容量。



圖 24 緊急電源設備

(三)、現地參訪：大橋交流道（隧道式交流道）

首都高速公路大橋交流道為隧道式交流道，以「Green Junction」概念將隧道工程結合綠化為現地參考之考察標的。本案例是將高速道路之交流道包覆成隧道形式，並於上方及中央開闢公園綠地與休憩空間，回饋於周邊的社區與環境，如圖 25。配搭完善的抽排風系統（圖 26），隧道式交流道除可降低交通運輸之噪音，亦能進行空氣品質之過濾與改善，由不同以往的思維對於城市空間作進一步之價值應用，現地如圖 27 所示。

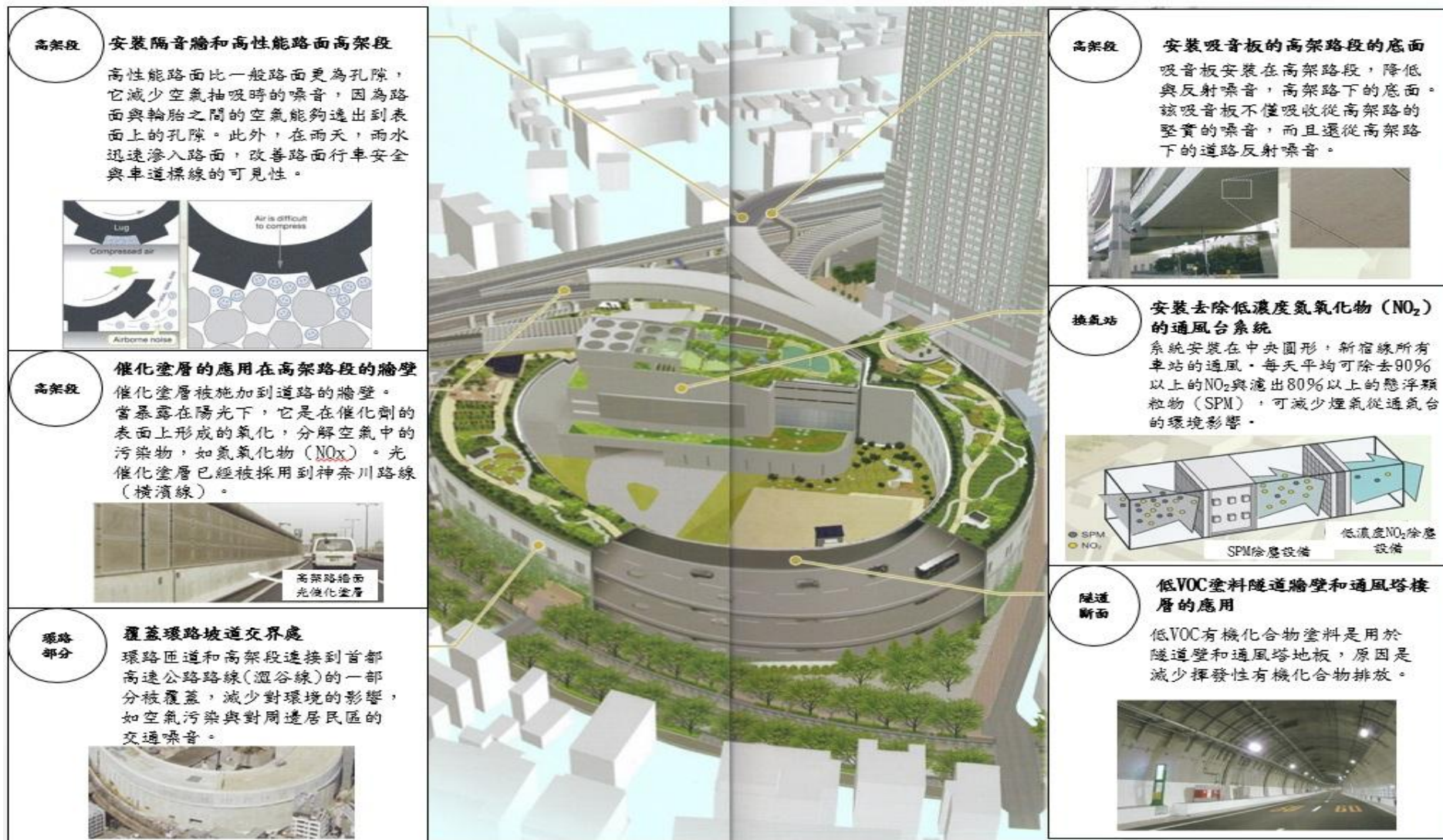


圖 25 隧道式交流道示意圖

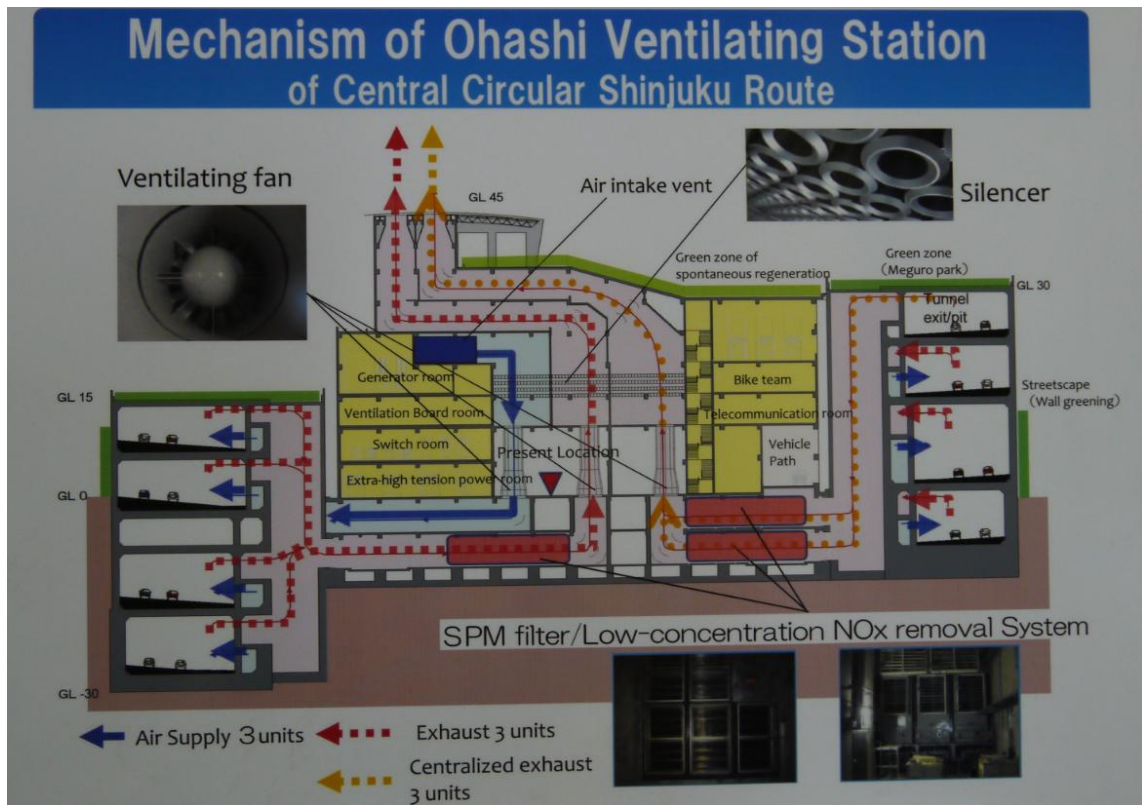


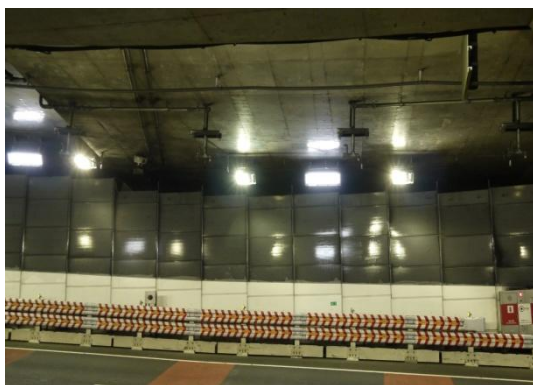
圖 26 隧道式交流道抽/排風系統



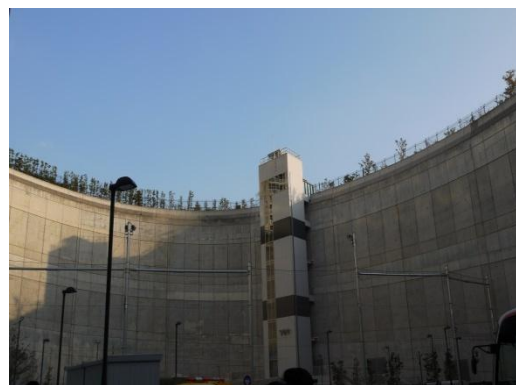
(a) 上方公園綠地



(b) 中央運動空間



(c) 內部景觀



(d) 民眾進出之電梯設備

圖 27 隧道式交流道實績

參、心得與建議（依參訪順序）

一、邊坡防護設計概念

日本石川縣邊坡防護除了剛性工法（明隧道），也有相當多「柔性」工法的應用，如落石防護網與防護柵，更有不少剛性與柔性工法搭配應用的實例。如此因地制宜採用不同設施，如在沒有土石流威脅及落石彈跳高度較小處，採用較不遮蔽景觀的工法（剛性落石柵等），對於安全防護與景觀觀看的可及性較可以取得平衡點，此種設計可供我們參考。

二、石川縣公共工程評選機制

石川縣公共工程評選除了我們常見的「價格」、「實績」等項目外，也納入了「施工成績（過去 5 年工程施工評價分數）」、「優良施工（以受政府各級表揚評定）」、「ISO 認證」、「救災活動（以參與廣域或地區救災評定）」及「在地性」等項目，建議此些項目可供我們公共工程若採用評選招標時思考採納。

三、邊坡分級機制

現今公路總局對於邊坡分級採用 A 至 D 級，A 級為重點監控路段（依據歷史災情記錄評估致災之風險或學者專家合議篩選訂定）；B 級為偶有落石或有些許疑似不穩定徵兆，尚未設置邊坡護坡設施；C 級為曾有落石坍方紀錄，無明顯不穩定徵兆，已設有防護措施；D 級為 5 年內未有落石坍方紀錄，無明顯不穩定徵兆之邊坡。而日本石川縣係採用基準要素點及判斷要素點作出風險矩陣，作為道路危險度判定分級，可供我們借鏡。

四、劇烈天候道路管制基準

日本石川縣政府或是高速公路管理單位 NEXCO 中日本對於劇烈天候交通管制，係採用「連續雨量」與「組合雨量」概念，此種方式與公路總局現行利用 10 分鐘、時雨量、3 小時、6 小時、24 小時等因素律定各路段管制基準之「組合雨量」，概念是一樣的。而針對台灣為亞熱帶氣候，公路總局更針對午後熱對流易產生水瀑泥石流等路段 24 小時監控 3 小時降雨指標，一發生短時強降雨狀況，立即通報處置。

五、劇烈天候道路管制後致災機率

依 NEXCO 中日本資料顯示過去 6 年道路因劇烈天候封閉 23 次，而封閉後致災 4 次（註：未達降雨基準即致災亦有 4 次），概算 NEXCO 中日本封閉後致災機

率約為 1 成 7。公路總局 102 年預警性封閉 240 次，封閉後致災 84 次，道路封閉後致災機率約為 3 成 5，所以我們預警性封閉道路後致災的成果與日本比較是較佳的。另外因為我們地理位置條件，產生劇烈天候導致道路災害的機率應是比日本更大的（依日本氣象廳統計資料，日本有氣象紀錄以來最大 10 分鐘降雨量為 50mm，最大時雨量為 153mm，最大日雨量為 851.5mm），所以我們的挑戰比日本是更為艱鉅的。

六、震後道路管制後解除機制

NEXCO 中日本於震後解除道路管制，需由「高速公路隊」、「管區警察」及「管制中心組長」三方協議後解除，這與我們由道路管理單位決定有所不同，這應是制度設計不同。

七、公共工程加值設計的省思

參訪首都高速公路大橋交流道，見識到公共工程在基本設計外，如何將交流道以隧道方式設計，並在上方及中央開闢公園綠地與休憩空間，回饋周邊社區居民。此案例可供我們思考公共工程如何以設計巧思加值，以產生更高的附加價值。

八、科技產品之道路防災應用

今日科技進步，已有多項新科技產品的問世，如「全自動交通標誌設置車」、「高性能道路檢測車」、「太陽能緊急電力設備」，以維護施工人員安全及自動化執行道路管理。另外道路上裝設地震測量儀的 LCD 資訊顯示板，也可以即時提供用路人災害即時資訊。日本高速公路管理單位(NEXCO 中日本、NEXCO 東日本、NEXCO 西日本等)已民營化，透過公路科技展競合形式，會場就如同我們世貿的電腦展熱鬧非凡，可讓我們了解最新科技，適時利用科技力量，讓道路管理更為事半功倍。

肆、 附錄

參考文獻

- [1] M. Kuroiwa , S. Emoto , M.Hasegawa and N. Kawabata, “Suggestion of Evacuation Tunnels in Wide Area Disaster,” 於 *The 5th JAPAN/ TAIWAN/ KOREA JOINT SEMINAR for Tunnel Fire and Management*, Japan, 2013.
- [2] Nexco 中日本, “高速道路的保全,” Nexco 中日本 , Nexco 中日本 , 2013.
- [3] 石川縣政府, “極端氣候下的交通管制方法,” 石川縣政府, 石川縣, 2013.
- [4] 石川縣政府, “綜合評估投標方式,” 石川縣政府, 石川縣, 2013.