

出國報告（出國類別：其他/領獎）

參加 2024 國際道路研討會(IRF)
全球道路成就獎(GRAA)頒獎典禮
及考察美國道路、橋梁工程

服務機關：交通部公路局、交通部公路局南區養護工程分局

姓名職稱：林聰利副局長、邱民豐副段長、黃碩偉副段長

派赴國家/地區：美國/加利福尼亞州舊金山、佛羅里達州奧蘭多

出國期間：113.12.6~113.12.14

報告日期：114.1.20

摘要

台 20 線南橫公路在 98 年莫拉克風災後嚴重受創，經過 10 年分階段修復策略，在 111 年有條件復通，公路局將南橫公路修復經驗總結彙整，以「Southern Cross-Island Highway-A Decade of Efforts in Maintenance, Rehabilitation, and Reconstruction」南橫公路十年維護、修復與重建為主題，參加 2024 年國際道路協會的全球道路成就獎，在與全球的競爭者中脫穎而出，獲得資產管理與維護類獎項，並在 2024 年 12 月 12 日於美國佛羅里達州奧蘭多「通往未來之路」(R2T) 國際研討會晚宴中頒獎。

此行參觀美國道路系統，舊金山市公路皆有設置人行道，使人行與車行空間分離，確保人行安全；並善用天然的木材搭配自然工法，讓道路設施與自然景觀融合。此外，著名的舊金山金門大橋，周邊除傳統解說牌外，以實體模型介紹橋梁各項結構設計與地形，讓遊客更容易認識橋梁安全與較佳的參觀體驗。

美國的人本道路設計概念以及自動駕駛計程車技術，特別是駕駛者對過路行人的尊重與禮讓精神，值得參考與借鏡，本次獲獎除了讓世界看見臺灣公路，也讓我們看見世界的人本交通精神。

目次

目次.....	I
圖目錄.....	II
一、目的.....	1
(一)國際道路協會介紹	1
(二)南橫公路獲獎介紹	2
二、過程.....	5
(一)行程表	5
(二)加利福尼亞州舊金山	6
(三)佛羅里達州奧蘭多	29
三、心得與建議.....	41
(一)心得	41
(二)建議	43

圖目錄

圖 1-1-1 INTERNATIONAL ROAD FEDERATION 國際道路協會 LOGO	1
圖 1-2-1 南橫公路參賽簡報.....	2
圖 1-2-2 以短、中、長期策略性修復.....	3
圖 1-2-3 強化道路韌性及與山區環境共融.....	4
圖 2-2-1 舊金山市區道路.....	7
圖 2-2-2 舊金山人行空間情形	8
圖 2-2-3 公共電動滑板車.....	8
圖 2-2-4 軌道與路面共用空間.....	9
圖 2-2-5 有軌運輸專屬車道	9
圖 2-2-6 叮噠車(Cable Car)轉向站	10
圖 2-2-7 Waymo 自駕車	11
圖 2-2-8 加州高速公路收費費率及壅塞使用情形.....	11
圖 2-2-9 道路中央左轉專用車道設置.....	12
圖 2-2-9-1 加州道路中央左轉車道保護情形	12
圖 2-2-9-2 國內道路左轉保護設置情形(高雄市中山路).....	13
圖 2-2-9-3 國內道路左轉保護設置情形(台南市學甲區).....	13
圖 2-2-10 中央分隔帶以石塊或緩坡設置.....	14
圖 2-2-11 鋼板護欄端部緩衝設施	14
圖 2-2-12 金門大橋夜景	16
圖 2-2-13 金門大橋遊客中心展示牌.....	18
圖 2-2-14 金門大橋橋面及纜索	19
圖 2-2-15 金門大橋防墜網及收費站.....	20
圖 2-2-16 金門大橋調撥車道護欄	20
圖 2-2-17 金門大橋調撥護欄專用車	21
圖 2-2-18 往大橋觀景台自然邊溝(左圖)、護欄反光標誌(右圖).....	21
圖 2-2-19 舊金山-奧克蘭海灣大橋車道及結構情形.....	23
圖 2-2-20 比克斯比溪橋橋形及橋面	25
圖 2-2-21 遠眺舊東河橋及新東河橋	25
圖 2-2-22 道路邊坡風化情形及雨天警告標誌	26
圖 2-2-23 施工預警及管制措施	27
圖 2-2-24 標線刻槽車輛壓過會引起車輛震動示警	28
圖 2-3-1 公私合作營造 I-4 公路成果驚艷	30
圖 2-3-2 市區道路情形	31
圖 2-3-3 人行道友善措施.....	31
圖 2-3-4 社區道路情形	32
圖 2-3-5 管線位置辨識牌.....	32

圖 2-3-6 得獎書冊及識別證.....	33
圖 2-3-7 各國廠商商品及技術展示	35
圖 2-3-8 南橫公路團隊與高科大土木系蘇育民老師合照.....	36
圖 2-3-9 來自臺灣獲獎團隊合影	37
圖 2-3-10 晚宴前各成員交流.....	38
圖 2-3-11 國際道路協會副主席熱情款待	38
圖 2-3-12 團隊與國際道路協會主席合照.....	39
圖 2-3-13 2024 年全球道路成就獎獎盃	40
圖 3-2-1 人行空間完整且舒適	44
圖 3-2-2 護欄融合地景	45
圖 3-2-3 妥善利用木材維持自然道路.....	46
圖 3-2-4 多種樣式生態工法土砂防護措施.....	47
圖 3-2-5 生態工法因地制宜.....	48
圖 3-2-6 框條式擋土牆.....	48

一、目的

(一)國際道路協會介紹

國際道路協會（International Road Federation，簡稱 IRF）作為一個全球性的道路工程組織，自 1948 年成立以來，一直致力於推動全球道路工程的技術進步與品質提升，成員涵蓋全球 70 多個國家的公共與私人機構。該協會在國際道路工程領域享有崇高的地位，其所舉辦的「全球道路成就獎」（Global Road Achievement Awards，簡稱 GRAA）更是備受關注，成為了全球道路工程界的一項盛事。

GRAA 旨在表彰全球範圍內最具創新性和傑出的道路工程項目，鼓勵道路工程界不斷追求卓越。參賽者可以是政府機構、工程公司、設計單位等，只要其所參與的道路工程項目符合 GRAA 的評選標準，均可報名參加。

2024 年交通部公路局以「Southern Cross-Island Highway-A Decade of Efforts in Maintenance, Rehabilitation, and Reconstruction」南橫公路十年維護、修復與重建為主題參賽，榮獲資產管理與維護類獎項。並在當地時間 2024 年 12 月 12 日於美國佛羅里達州奧蘭多晚宴中頒獎。



圖 1-1-1 International Road Federation 國際道路協會 logo

(二)南橫公路獲獎介紹

南橫公路一十年來的維護、修復與重建努力

南橫公路，全長 204 公里，橫跨台灣中央山脈，是一條具有重要觀光、交通往來及戰略意義的重要橫貫公路。然而，2009 年莫拉克颱風帶來破紀錄的雨量，對南橫公路造成了嚴重破壞。經過十年的重建工作，南橫公路有條件迎來復通並強化公路韌性及永續性。

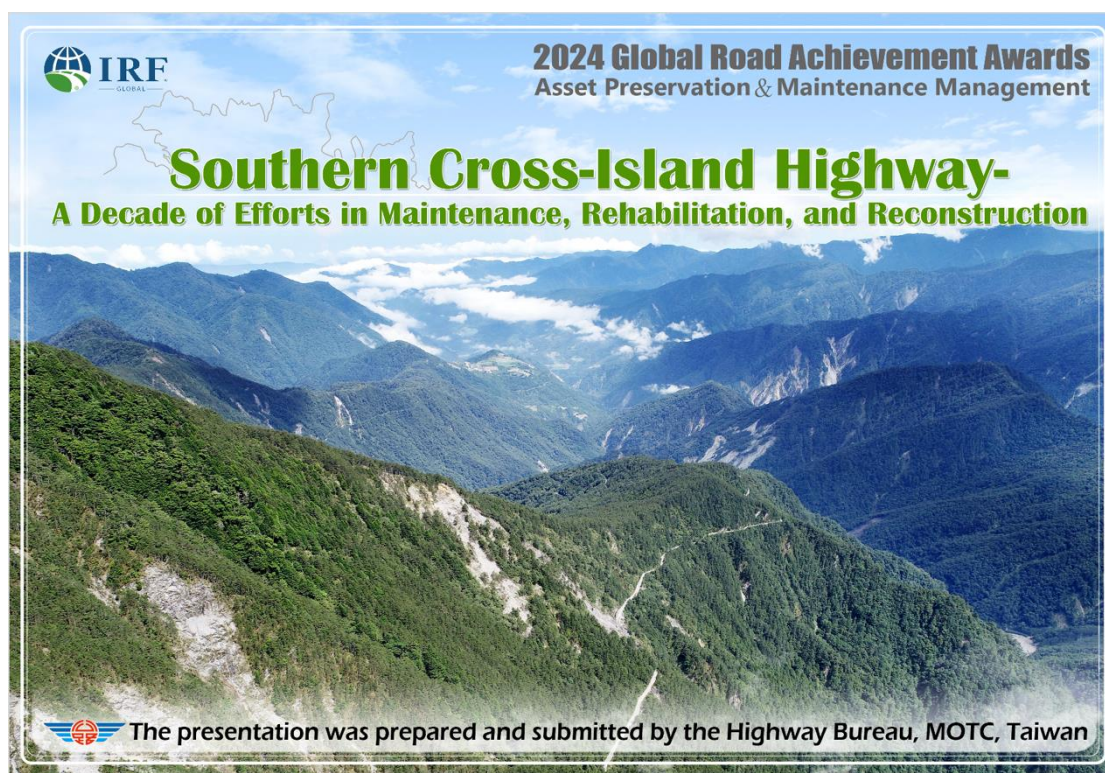


圖 1-2-1 南橫公路參賽簡報

災害與應對

莫拉克颱風的強降雨造成南橫公路損害嚴重，包括：

- 路基流失與道路沉陷
- 橋梁倒塌與邊坡滑動
- 河床抬升與大規模山崩

為應對這些挑戰，公路局實施了分三階段的重建策略，循序完成修復工作：

- 短期階段（2009-2017）：緊急搶修以維持基本交通通行能力，集中穩定關鍵路段。
- 中期階段（2017-2022）：加強道路結構物抗災強度以提升交通容量並防範未來災害，包括加固路基、防止落石及恢復植被。
- 長期階段（2022 年至今）：新橋重建與新設明隧道隧道。

Strategies of Reconstruction

■ A step-wise strategic reconstruction program was accommodated:

- ◆ **Short-term remedies** were employed to keep the highway operational with the minimum traffic.
- ◆ **Mid-term structural reinforcement tasks** with improved traffic level were set up to prevent potential disasters.
- ◆ **Long-term disaster-relieving reconstruction plans** were engaged in recovering the functionality of the highway.

Short-term (2009~2017)

Mid-term (2017~2022)

Long-term (2022 to dates)



**Emergency
Repairing**



**Structural
Reinforcement**



Highway Reconstruction



9

圖 1-2-2 以短、中、長期策略性修復

復原與創新

到 2022 年，南橫公路迎來有條件全線復通，成功的關鍵因素如下：

- **策略性重建計畫**：分階段的策略使資源分配更加有效。
- **先進技術的應用**：運用光達（Lidar）、無人機（UAVs）及合成孔徑雷達干涉技術（InSAR）評估損害、監測進度並制定重建策略。
- **緊急應變能力**：加強公路緊急應變措施與並沿線高風險路段設置監測系統，提高安全性與道路風險管理。

- **永續實踐**：專案注重生態平衡，包括恢復植被、安排生態休息日，以及雇用當地原住民擔任道路保全與行控人員。

成果與影響

重建計畫取得了顯著成果：

- **基礎設施恢復**：修復超過 78 公里的路基、15 座明隧道及 24 座橋梁重建。
- **通信強化**：提升 5G 網路覆蓋及電力系統。
- **安全改善**：首創省道公路車牌辨識系統並定期進行緊急演練，提高行車安全。
- **經濟振興**：南橫公路復通帶動了台 20 線沿線旅遊業的復甦並促進區域經濟活動。
- **社區參與**：主動邀請地方部落參與，了解南橫公路風險與未來展望。

展望未來

南橫公路復通反映公路局對提升道路韌性與永續性的承諾。透過持續的維護與修復策略、監測系統的完善以及加強災害緊急應變，南橫公路的長期永續與安全性將得以保障，同時與地方生態維持平衡。

Project Outcomes

■ After more than a decade of efforts, the South Cross-island Highway has been rebuilt by:

- ✓ **rigorous strategies** of reconstruction, rehabilitation, and maintenance,
- ✓ **real-time monitoring** and emergency responding, and the
- ✓ genuine **caring balance of the ecosystem.**







29

圖 1-2-3 強化道路韌性及與山區環境共融

二、過程

(一)行程表

日期	地點	行程摘要
113.12.6	臺灣－加利福 尼亞州舊金山	路程
113.12.7	舊金山	金門大橋(日間)、舊金山市區公路系統 及大眾運輸、叮噠車(Cable Car)體驗
113.12.8	舊金山	奧克蘭海灣大橋
113.12.9	舊金山－蒙特 雷(Monterey)	1 號加州州道 (California State Route 1)、比克斯比溪橋 (Bixby Creek Bridge)
113.12.10	加利福尼亞州 舊金山－佛羅 里達州奧蘭多	路程
113.12.11	奧蘭多	市區道路系統
113.12.12	奧蘭多	參加研討會及晚宴領獎
113.12.13－ 14	佛州－加州－ 臺灣	路程

(二)加利福尼亞州舊金山

1.道路及交通設施

美國加州公路系統涵蓋了州際公路（Interstate）、州公路（State Routes）及地方道路等多層級交通設施。差別費率（variable tolling）是加州公路的一大特色，特別在收費高速公路（如 I-110 和 I-10 高速公路的快速車道）上，根據交通需求動態調整通行費，以緩解高峰時段的交通壓力並促進路網效率。加州公路普遍設有 HOV（High-Occupancy Vehicle）車道，專供載有兩人或以上的車輛及部分零排放車輛使用，以鼓勵共乘和減少碳排放。

舊金山的大眾運輸系統除了最常見的公車（Muni Bus），還有獨具特色的叮噠車（Cable Cars）、輕軌電車（Muni Metro）和復古電車（Historic Streetcars）。叮噠車是舊金山的象徵之一，沿著陡峭的斜坡行駛，帶給遊客獨特的乘車體驗。輕軌電車則連接了市區的主要景點，方便快捷。

(1)舊金山市道路

如同台灣的都會地區，舊金山市區道路下方有各種單位的管線，可以觀察到多處的道路孔蓋未與路面齊平，並且可能受限於養護費用的關係，多處路段並未整體刨鋪，是採小面積瀝青修補，並且路上看到臨時修補與同區域重複修補的狀況非常多，整體行車平坦度及舒適度並不是太好，道路標線也常見有龜裂或破損、磨損的情形。

在駕駛人習慣上，遇到停止標誌或減速標誌，皆會遵循停等或減速，並依停等順序依序行駛，相較於臺灣目前無號誌交叉路口的通行情況，常見用路人直接通過交叉路口，無減速或停等的情形，也增加了交通事故的風險，不過，目前部分路口已採取科技執法，逐步建立國內預停等標誌就須停等或減速的習慣。



圖 2-2-1 舊金山市區道路

然而，在人行空間上有非常好的體驗，道路兩側都留有相當充足的人行空間，在交叉路口的人行穿越道是採用地磚方式鋪設，有強烈的對比效果讓駕駛者更容易注意到人行空間，並且人行道與穿越道介面斜坡相當契合平順，人行道上孔蓋介面也處理得相當平整：另外，舊金山丘陵地形起伏大，人行道上常見採電動滑板車代步，偶有與行人爭道的狀況出現。

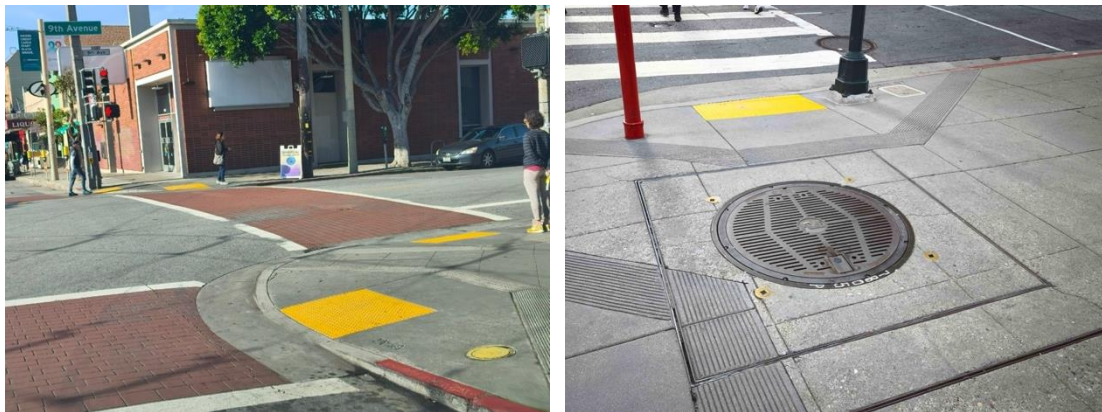


圖 2-2-2 舊金山人行空間情形



圖 2-2-3 公共電動滑板車

舊金山的大眾運輸多數採高架電纜供電，不需軌道的公車或需軌道的叮噠車(Cable Car)及輕軌電車路線皆設置於路面上，路面的設施非常複雜，但是駕駛者似乎已習以為常。部分路段為公共運輸專屬通行，其有些與一般車輛共同使用路面，整體觀察下來，駕駛人都會禮讓有軌公共運輸，並未觀察到有阻礙有軌電車行進的情形。

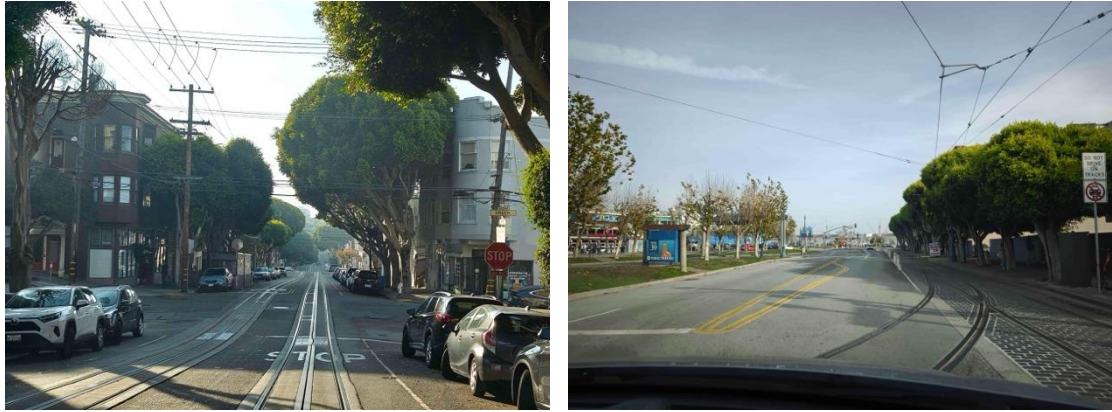


圖 2-2-4 軌道與路面共用空間

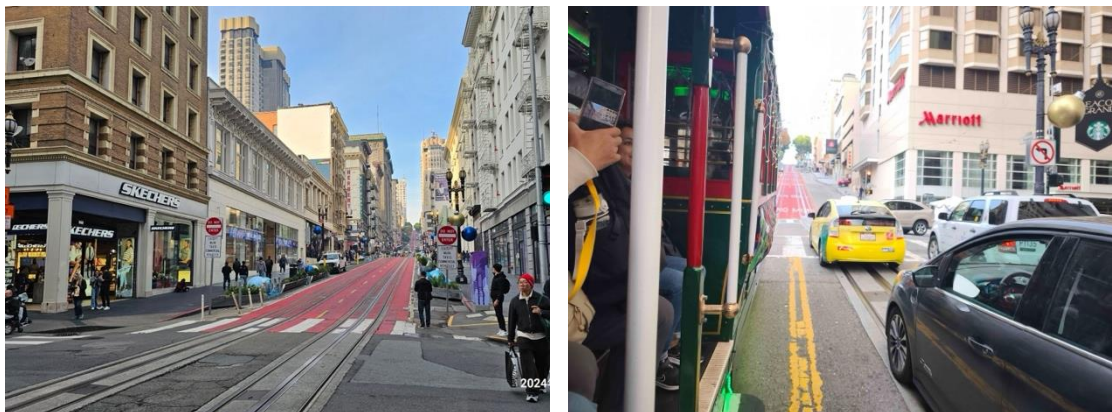


圖 2-2-5 有軌運輸專屬車道



圖 2-2-6 叮噠車(Cable Car)轉向站

(2) Waymo 自駕車

Waymo 是 google 母公司 Alphabet 旗下的自駕車，目前 Waymo 在舊金山的自駕車數量達數百輛，這些車輛廣泛分佈於城市的主要區域，包括市中心、金融區及部分住宅區。營運模式以自動駕駛計程車（robotaxi）服務為核心，乘客可通過專屬應用程式預約，車輛會根據指定地址自動到達並完成接送。然而，自駕車的推廣也引發了一些當地居民的疑慮，例如對交通安全的擔憂以及對技術可靠性的質疑。一些市民認為自駕車在特殊路況下可能表現不如人類駕駛靈活，並對其對傳統駕駛職業的潛在衝擊表達關切。

首日抵達舊金山市區，就看到路上有許多 Waymo 自駕車在路上行駛，這是目前國內還尚未發生的情形，觀察下來大約 3~5 個路口就能看到 1 台車，交通繁忙地區甚至一次可看到 3 台以上。這些自駕車除可識別交通號誌及標線外，無號誌路口有行人穿越，也會自動減速停等禮讓行人，並超車順暢，舊金山這幾日觀察下來，僅有一次可能乘客臨時下車，導致車輛直接於路中煞停外，其餘表現與一般駕駛並沒有太大差異。



圖 2-2-7 Waymo 自駕車

(3)其他道路觀察

加州 101 號國道公路的最內側實施高乘載管制，採用電子偵測，車內人數不足將收取較高額的費率，並且會是交通情形浮動費率，作為交通管理的手段。另外，加州的高速公路常採用剛性路面，特別是在橋梁或箱涵構造物區間，整體感受上，剛性路面的路段舒適度及平坦度仍有改善的空間。

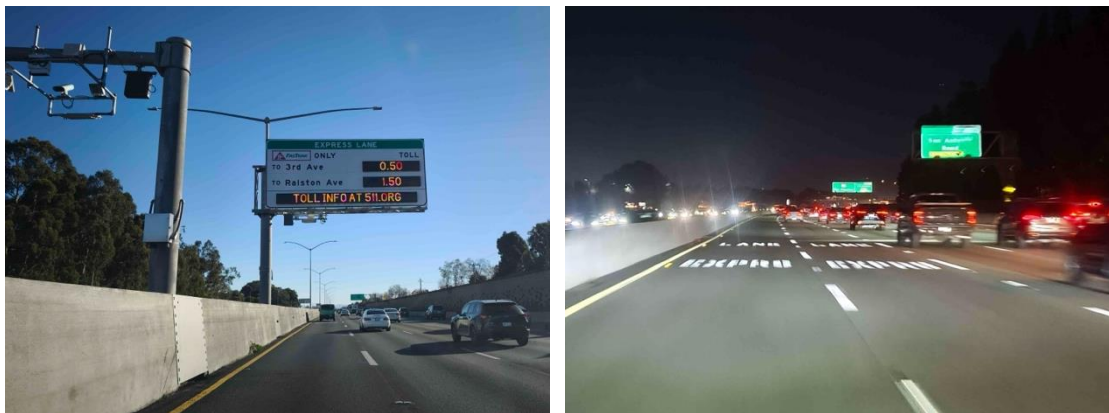


圖 2-2-8 加州高速公路收費費率及擁塞使用情形

加州道路在道路中央均有保留左轉的緩衝空間，左轉車輛可駛入中央車道等待轉左轉，因此不會影響後方直行的車流。另外，部分路口，也觀察到額外劃設右轉專用車道，避免影響後方直行車流。



圖 2-2-9 道路中央左轉專用車道設置

在加州郊區公路對於左轉車道，在適當的儲車道長度後也會使用標線進行車道縮減進行左轉保護，避免後方車輛衝撞待轉車輛（如圖 2-2-9-1），國內部分左轉待轉車道也有相同的作為（如圖 2-2-9-2），但槽化區域內佈滿槽化線，雖然可更有警示效果，只是所需經費增加須多且後續維養不易，近期國內台南市區有類似設置加州郊區公路之左轉保護設置（如圖 2-2-9-3），但輿情反映顯示，國內用路人並不習慣這樣的劃設方式，一方面跟國內道路車道數普遍不足及機車數量眾多有相當大關係。



圖 2-2-9-1 加州道路中央左轉車道保護情形



圖 2-2-9-2 國內道路左轉保護設置情形(高雄市中山路)



圖 2-2-9-3 國內道路左轉保護設置情形(台南市學甲區)

圖片來源：聯合新聞網 <https://udn.com/news/story/7326/8445482>

相較於臺灣多數公路全寬較小，行常採用護欄或較小的中央分隔帶，加州道路中央分隔帶寬度足夠，多採用緩坡方式處理，駕駛者失誤時不會直接撞擊到構造物或對向車道。在中央分隔帶的最低處設置排水孔，或是堆疊石塊，僅少數路段可觀察到零星的灌木或矮植物。另外，護欄端部考量撞擊衝擊力，會設置適當之緩衝措施。



圖 2-2-10 中央分隔帶以石塊或緩坡設置

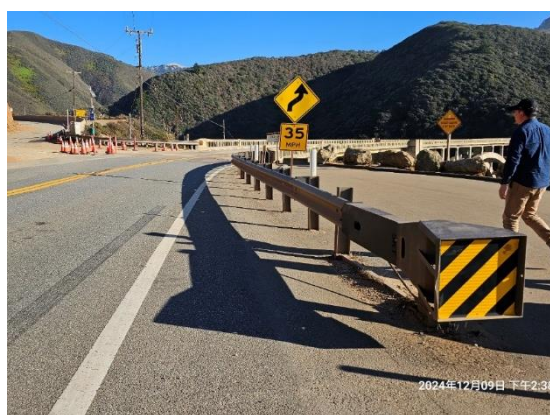


圖 2-2-11 鋼板護欄端部緩衝設施

2.舊金山金門大橋 Golden Gate Bridge

金門大橋是美國舊金山的標誌性建築，也是世界上最著名的懸索橋之一。它連接舊金山半島和馬林郡，橫跨金門海峽，全長 2,737 公尺，其中主跨達到 1,280 公尺，曾是世界上主跨最長的懸索橋。其橋面距海平面高出 67 公尺，塔高 227 公尺，充分展示了工程技術的非凡成就。金門大橋不僅是舊金山重要的交通樞紐，還是一個全球知名的文化象徵和旅遊勝地。

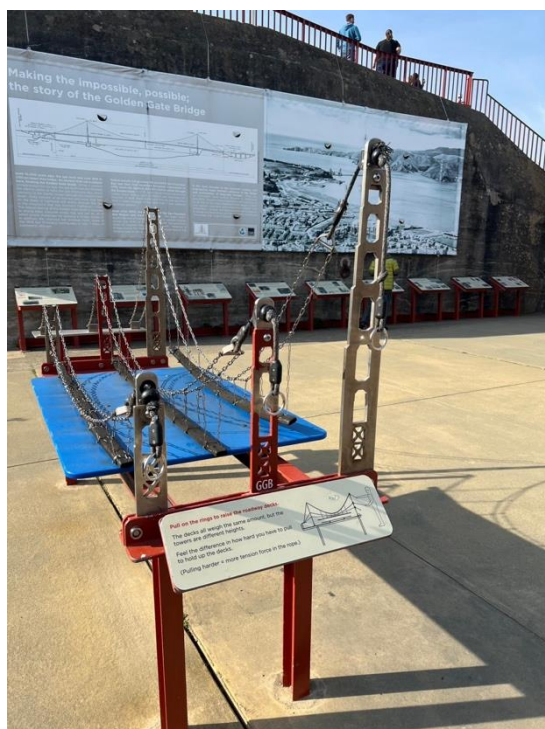
1933 年，著名工程師約瑟夫·斯特勞斯（Joseph Strauss）提出的設計方案獲得批准，金門大橋正式動工。建設過程中，工程團隊採用了當時創新的懸索橋技術，使用高強度鋼纜作為主纜，為橋樑提供結構穩定性和抗震能力。金門大橋於 1937 年 5 月完工並正式通車，當時耗資約 3,500 萬美元。

金門大橋是舊金山灣區公路系統的重要部分，承載著加州 101 號國道公路和加州 1 號公路的交通流量。橋面共有六個車道，根據交通需求可靈活調整行車方向。金門大橋的最大特色之一是其鮮紅色的外觀，官方稱為「國際橙」（International Orange），這種顏色不僅提升了橋梁的辨識度，還能在霧濛濛的舊金山海峽中提供更好的可見性。

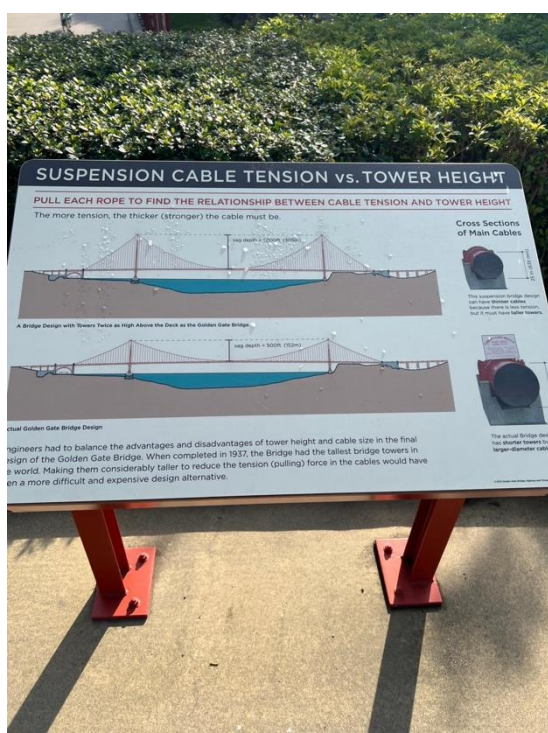


圖 2-2-12 金門大橋夜景

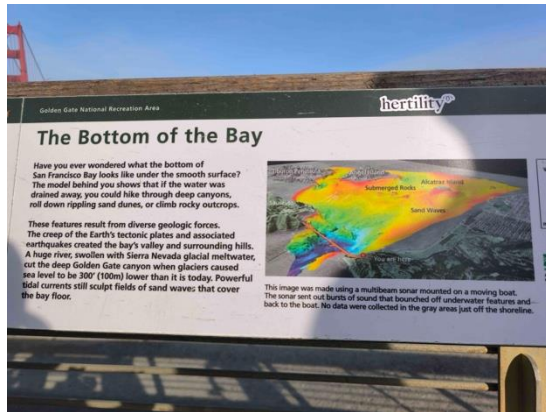
在金門大橋的南側設有一處旅客服務中心，並由金門國家公園保護協會(Golden Gate National Parks Conservancy)管理，園區可從不同角度看金門大橋，並設置多處金門大橋介紹牌面：包含地質、抗風設計、纜索的斷面及材質，利用桁架抵抗扭曲、橋柱及支承的耐震設計等。



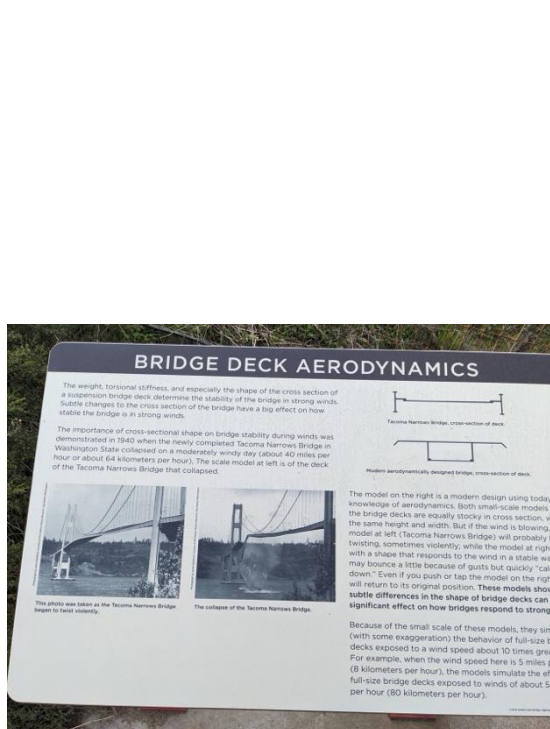
(1)金門大橋抗風力及懸索展示牌



(2)懸索斷面及設計展示牌



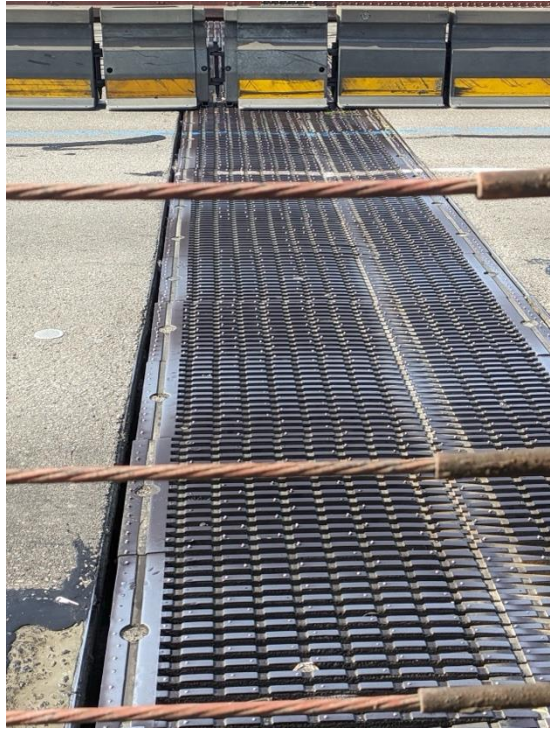
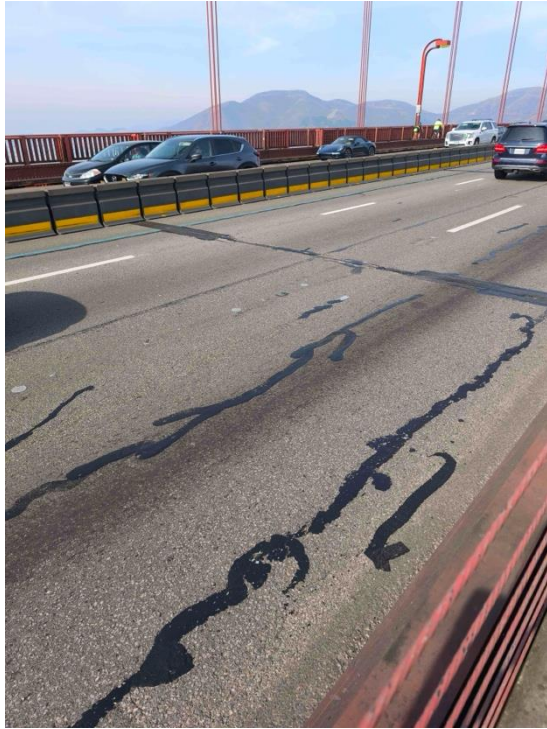
(3)海灣水下地形解說及抗震試驗模型



(4)橋面板抗扭曲及共振設計

圖 2-2-13 金門大橋遊客中心展示牌

金門大橋在橋側設有人行道，屬行人及自行車共用，結構未與車道連結，推測應為通車後才增設，主纜索外部設有套管，但是副索是直接裸露防蝕塗裝，考量橋址鄰近太平洋且車流多，應為易腐蝕環境，可能防蝕塗裝及維護頻率有相對加強；橋上往來的車流量相當大，並且瀝青鋪面有許多緊急修補的措施。值得注意的是，金門大橋有許多防墜措施，主纜最低處旁以鐵網區隔避免人員攀爬外，橋板桁架外側增設防墜網，並現場有人員守視，預防意外發生。



(1)橋面瀝青膠臨補、橋梁伸縮縫



(2)纜索外露及防護網

圖 2-2-14 金門大橋橋面及纜索

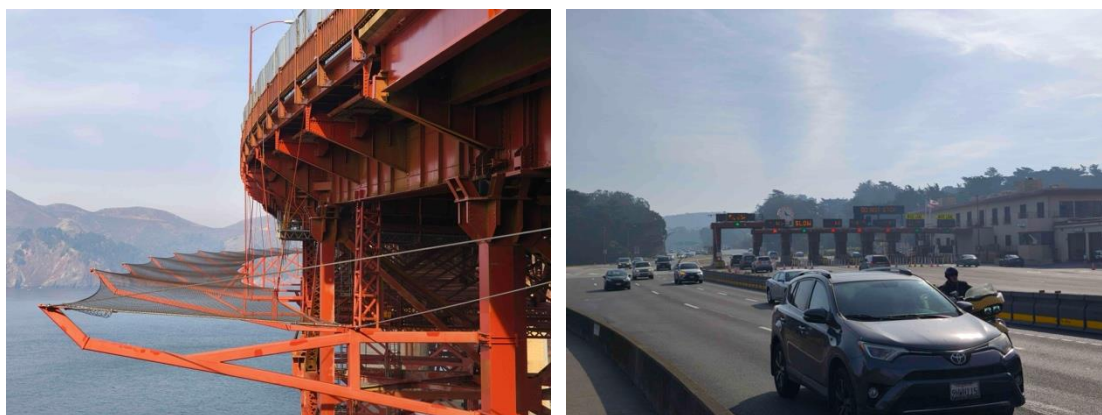


圖 2-2-15 金門大橋防墜網及收費站

金門大橋路段因車流量大，考輻上下班車流尖峰方向性，有調撥車道需求，因此中央分隔護欄採用活動行護欄，在北端引道處有停放調撥車道專用車（公路拉鏈車 road zipper），一般每天調整 3 次，早上高峰為南向進入舊金山市，車道增加為 4 道、北向 2 道；接近中午時則調整為 3-3 車道布局；晚間高峰前增加北向車道（出舊金山）至 4 道。新分隔帶加上兩端的延長部分總長約 2 英里，使用調撥車道專用車可快速的調撥車道，每次調整所需時間大約在 30-45 分鐘，有效疏導交通並減緩調撥車道期間對於交通產生之衝擊。

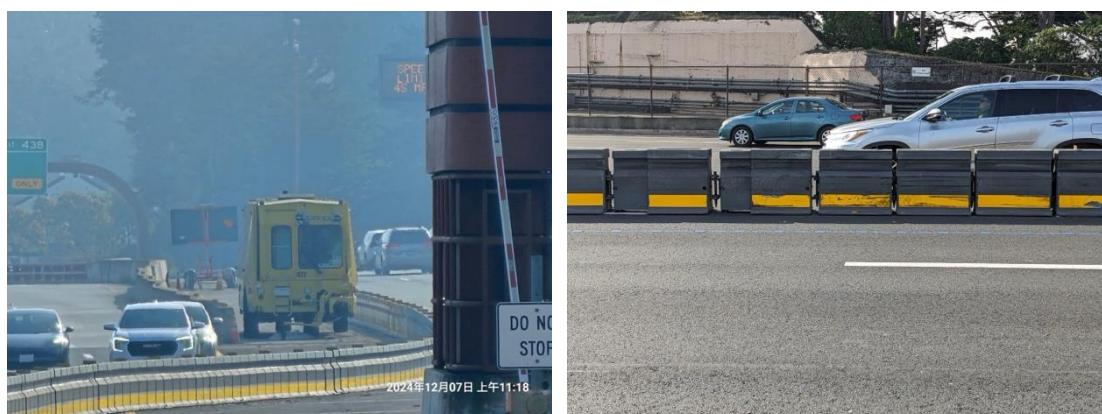


圖 2-2-16 金門大橋調撥車道護欄



圖 2-2-17 金門大橋調撥護欄專用車

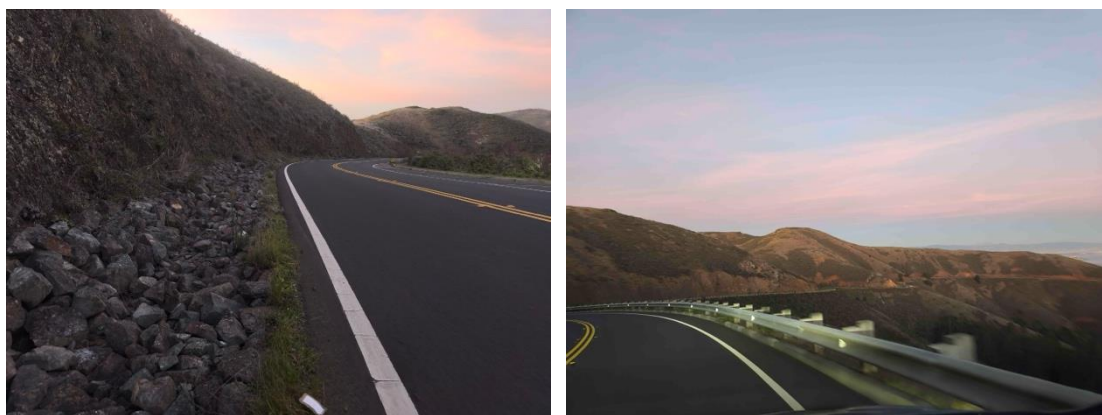


圖 2-2-18 往大橋觀景台自然邊溝(左圖)、護欄反光標誌(右圖)

3. 舊金山-奧克蘭海灣大橋(San Francisco - Oakland Bay

Bridge)

舊金山-奧克蘭海灣大橋(San Francisco - Oakland Bay Bridge)是一座位於美國舊金山灣區的標誌性橋梁，連接舊金山、芳草島(Yerba Buena Island)與奧克蘭，為 80 號州際公路的重要組成部分，每日車流量約 24 萬輛。該橋由 Ralph Modjeski 設計，於 1936 年 11 月完工，早於金門大橋六個月通車。橋梁分為西段雙懸索橋與東段懸臂橋，後者因 1989 年地震受損，於 2013 年完成改建為自錨式懸索橋，耗資超過 65 億美元。根據金氏世界紀錄，東段為世界最寬橋梁(78.74 公尺)。作為舊金山灣區的地標，海灣大橋以其壯麗設計與夜間 LED 燈光秀吸引大量遊客，並象徵交通與文化的連結。

海灣大橋東段是雙層的懸索橋，橋面採 4 車道配置，下層為東向的車道，上層為西向車道，整體橋面非常寬，連結上下層橋面版的桁架箱型且 2 面有設計挖孔，經過時可看到部分塗裝已有鏽蝕，鋪面狀況良好，整體行車舒適度對比市區要好很多。



圖 2-2-19 舊金山-奧克蘭海灣大橋車道及結構情形

4.1 號加利福尼亞州州道（California State Route 1）

加州 1 號海岸公路（California State Route 1）是美國最具代表性的風景公路之一，沿著太平洋海岸蜿蜒而行，連接南北加州主要城市。其中，位於卡梅爾高地（Carmel Highlands）與聖西蒙（San Simeon）之間的大蘇爾海岸公路（Big Sur Coast Highway）114 公里的路段，是 1 號公路景色最優美的部分。公路的建設始於 1921 年，並於 1937 年完成，之後在 1939 年成為 1 號海岸公路的一部分。這個路段也常因邊坡滑動導致道路中斷，最近一次的重大封閉發生在 2023 年 1 月，至 2024 年 8 月仍未開通。

比克斯比溪橋（Bixby Bridge），是加州最著名的橋樑之一，以其優美的設計、優雅的建築和壯麗的景觀聞名。這座橋是鋼筋混凝土拱橋。橋長 110 公尺的拱跨度為加州州道系統中最長的混凝土拱橋，並且曾是全球最高的單跨拱橋，並橋梁在 1996 年進行耐震補強。

而國內座落於臺東縣東河鄉的舊東河橋（圖 2-2-21）與比克斯比溪橋（Bixby Bridge）結構相仿，舊東河橋於 1953 年重建，將原吊橋改建為混凝土 T 型梁橋與拱橋，合計南側 80.5 公尺 T 型梁橋孔 5 孔、北側 46.83 公尺上承式開腹式拱橋 1 孔、並保留原日治時代架設在溪中石灰岩上的中央橋塔 1 座 4.97 公尺，橋梁全長 126.88 公尺，橋寬則為 4.6 公尺。



圖 2-2-20 比克斯比溪橋橋形及橋面



圖 2-2-21 遠眺舊東河橋及新東河橋

比克斯比溪橋面寬度較窄，臨海岸側隙地視野極佳，雖經過耐震補強，但新舊介面沒有明顯色差，鋪面採剛性路面，標線已有脫落情形，整體橋況很簡潔乾淨：另外，橋旁的邊坡有風化及沖刷的跡象，坡腳有一些岩屑堆積，且未作邊坡保護措施，路側仍能看到雨季禁止通行的警告牌面，可見道路可能仍有零星的邊坡災害。

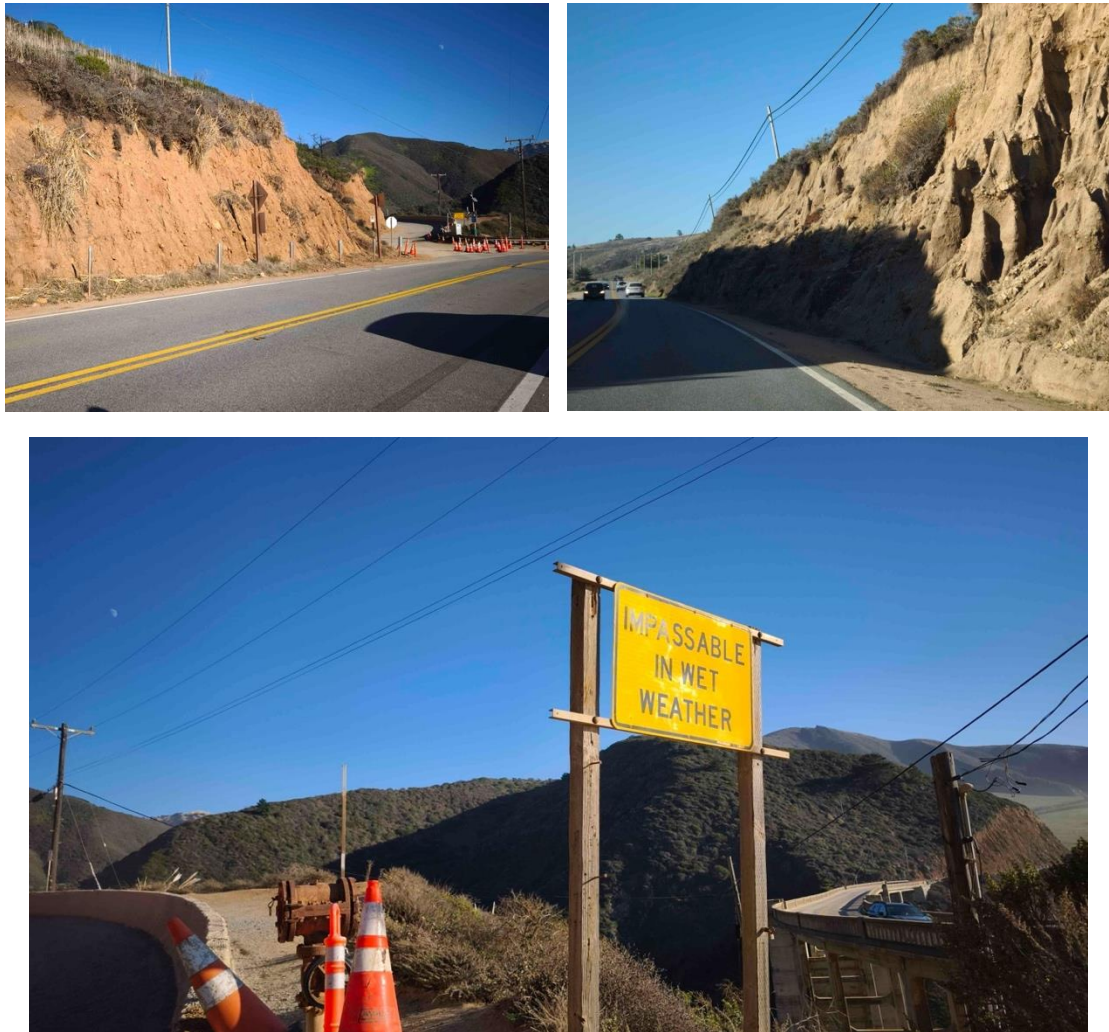


圖 2-2-22 道路邊坡風化情形及雨天警告標誌

回程途中經過一處橋梁更換護欄施工，可以觀察到當地道路施工除擺放預警告示外，工區限速會搭配測速看板，提供用路人現在的駕駛速度參考，因工區為狹橋，除人工指揮也採號誌作為管制措施。



圖 2-2-23 施工預警及管制措施

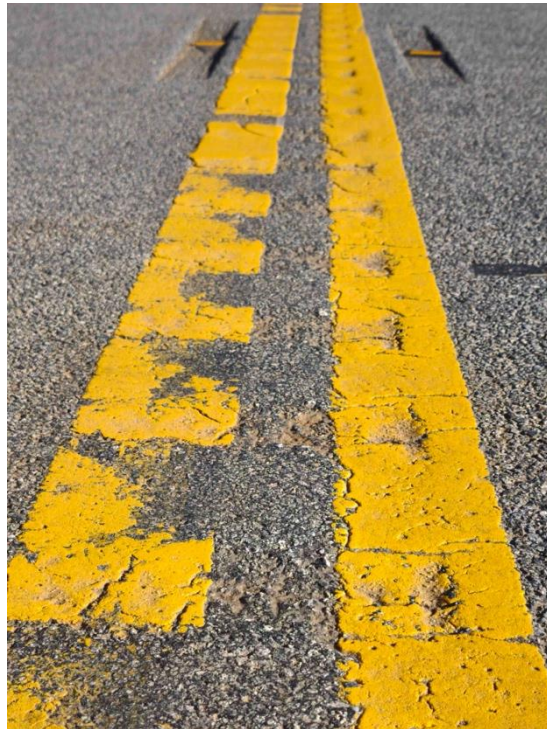


圖 2-2-24 標線刻槽車輛壓過會引起車輛震動示警

(三)佛羅里達州奧蘭多

1.奧蘭多

奧蘭多為佛羅里達州的重要城市，其公路系統系統包括州際公路、州級公路及地方道路，並有部分公共與私人單位共同管理。佛羅里達州交通部（Florida Department of Transportation, FDOT）負責大部分公路的規劃、建設與維護，而部分道路則由私人公司運營。

奧蘭多的部分公路採用差別費率系統（variable tolling），以緩解高峰期交通壓力。差別費率根據交通流量動態調整通行費，例如 I-4 高速公路的快速車道即應用此模式，為駕駛者提供更快的通行選擇。此外，部分高速公路設有高乘載 HOV 車道，鼓勵共乘並降低交通擁堵與污染。

I-4 Ultimate 計畫

隨著奧蘭多逐漸成為國際旅遊和商業中心，交通流量迅速增加，原本 I-4 公路的設計已無法承受如此龐大的需求。州政府 2015 年啟動 I-4 Ultimate 計畫，項目總經費約 23 億美元，為佛州歷史上最昂貴的公路建設項目之一。計畫的主要內容包括新增四條快速車道（Express Lanes），改善交通流量；重建和升級 15 座主要橋梁以及多條匝道，提高道路安全性與效率；升級排水和照明系統；並廣泛引入降噪屏障和綠化設計，以降低對周邊社區的環境影響。這些設計不僅提升了通行效率，還大幅改善了駕駛體驗。

I-4 Ultimate 計畫是由佛羅里達州交通部（FDOT）主導，並採用公私合作（Public-Private Partnership, PPP）模式運營。Skanska、Granite Construction、Lane Construction 和 HDR Engineering 等組成團隊參與設計與施工工作，這些企業負責計畫執行及部分未來的維護管理。此模式有效整合了公私資源，既減輕了州政府的財政壓力，也確保了優良的道路品質。

目前由私人團隊營運的 I-4 公路(Interstate 4)外觀整潔明亮，並且全路段的風格一致，橋梁最外側的梁會用不同色塗裝，增加整體美感。橋台與引道擋土牆最外側採用造型模板裝飾，色差很小，可以看出私人機關營運的成果非常好，整體道路也很平順及舒適。

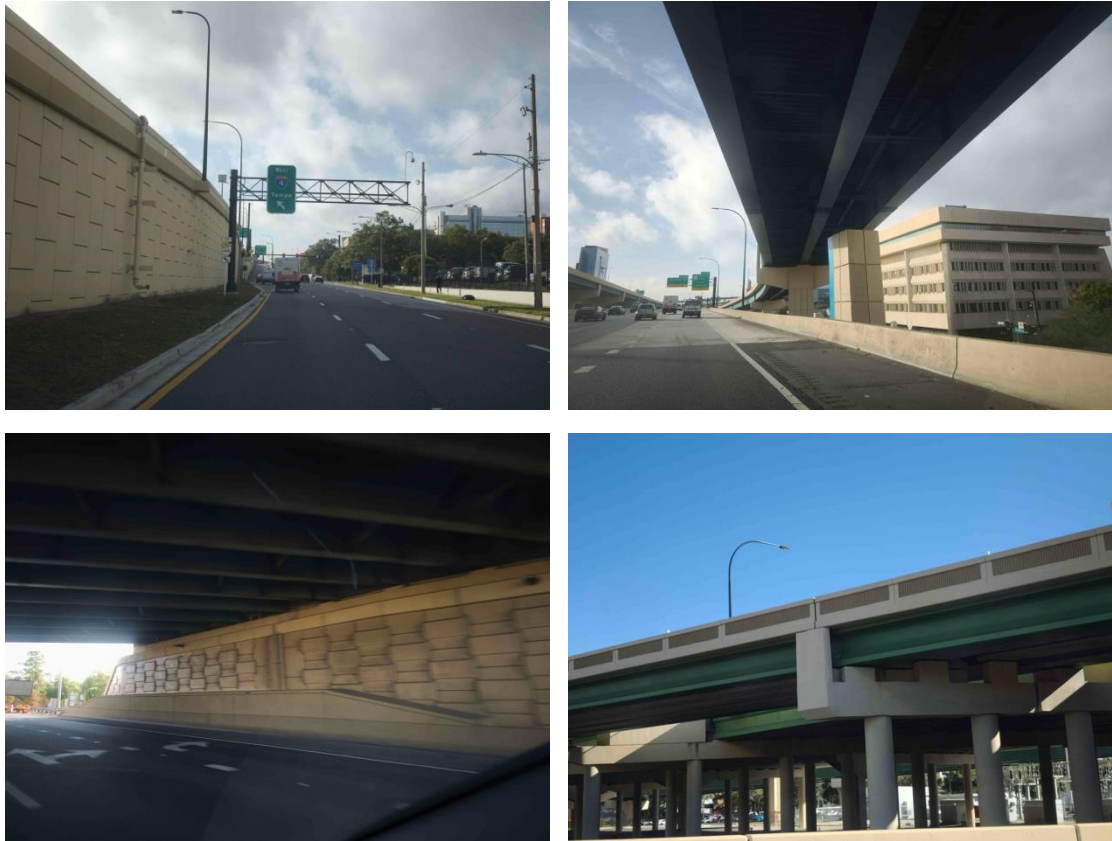


圖 2-3-1 公私合作營造 I-4 公路成果驚艷

一般道路部分中央分隔帶採緩坡處理，可能因緩衝區夠大，路邊割草維護廠商直接於分隔帶施工，並未看到相關警戒設施。另外，奧蘭多主要道路交叉路口交通號誌是採繩索附掛式，經詢問颶風侵襲期間仍會位移歪曲，但很少看到掉下來。

在奧蘭多的社區道路，保持有大量的人行空間，並且隙地多為喬木與草皮搭配，整體呈現清爽明亮的感覺。與舊金山相同，奧蘭多行人穿越道以不同顏色及材質設置，增加辨識度，並且多處人行道突出的混凝土塊邊緣，可看到邊緣有磨除痕跡，與相鄰的混凝土塊順接。道路配置多為雙車道，中間保留左轉緩衝區，避免影響執行車流，值得一提的

是註會前的民生管線埋於人行道草皮下，並採用小塊塑膠布做辨識，增加以後養護便利性及辨識度，也減少與景觀不融合。



圖 2-3-2 市區道路情形

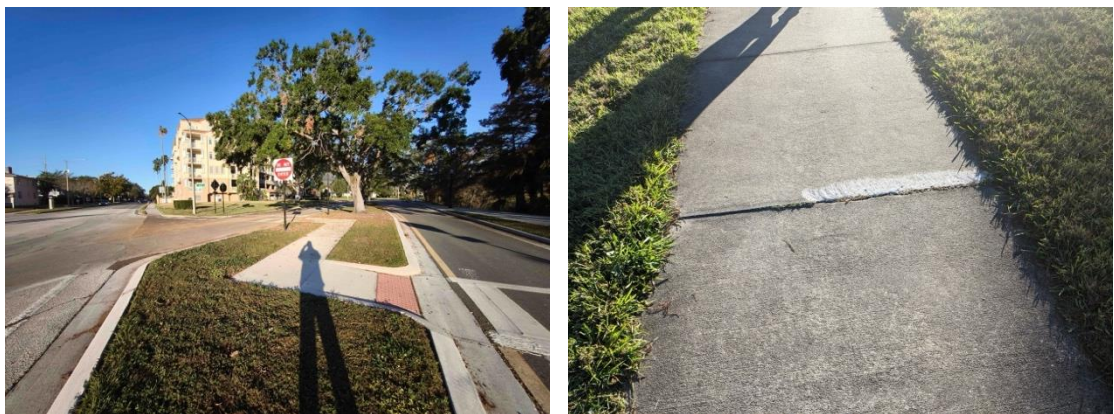


圖 2-3-3 人行道友善措施



圖 2-3-4 社區道路情形



圖 2-3-5 管線位置辨識牌

2. 國際道路協會 2024 通往未來之路 研討會

(2024 Roads to Tomorrow (R2T) Conference & Exhibition)

國際道路聯盟（IRF Global）於 2024 年 12 月 10 日至 13 日，在美國佛羅里達州奧蘭多隆重舉辦了「通往未來之路」（R2T）國際研討會及展覽。本次研討會特別強調永續發展及智慧系統在現代道路中的整合。會議一共有 4 天，超過 60 場演講探討新興技術與趨勢，包括環保基礎設施及智慧交通系統（ITS），展示了創新如何推動更安全、更智慧且更永續的全球交通建設。

獲得全球道路成就獎的單位，可以有 2 個名額免費參加研討會及晚宴，獲獎團隊也可以選擇購買分級的晚宴套票，不同級別會有不同的晚宴參加員額及額外的獎杯。參加研討會須 3 天前先在主辦單位提供的網頁上登錄資料，網頁也提供各時段的演講主題及講者資料，參加者可以提前規劃要聽的主題。

這次會議是在奧蘭多海洋世界旁的希爾頓飯店(DoubleTree by Hilton Hotel)舉辦，場地很大，報到的流程很簡單，提供姓名就可以，報到處旁就是這次研討會的背板與門架，給參加者拍照紀念，對面是給廠商的技術展示區。

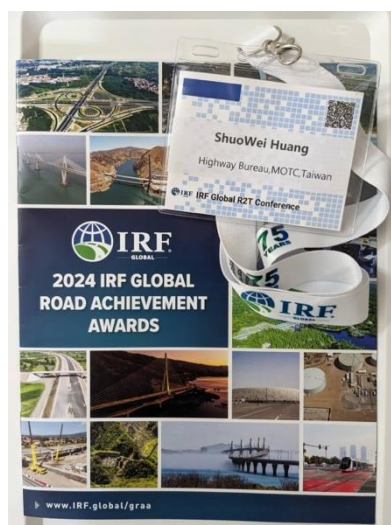
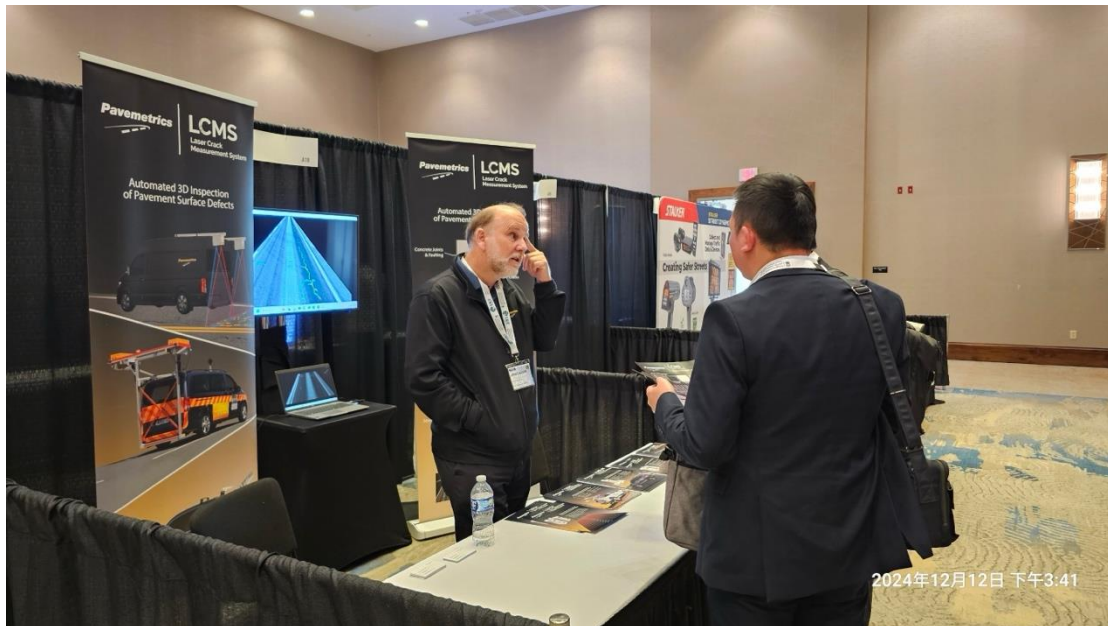


圖 2-3-6 得獎書冊及識別證

本次研討會有一整個會場保留給來自世界各國的廠商展示產品，產品非常多元，有冷拌瀝青混凝土降低碳排、智慧地理資訊系統協助設施及交通管理、包含資料搜集功能的移動式可辨資訊系統、導入物聯網協助交通管制等琳瑯滿目的技術，並且有許多廠商提出利用 AI 協助道路巡查或檢測結構安全的商品，顯見自動化巡查已成未來主要趨勢。



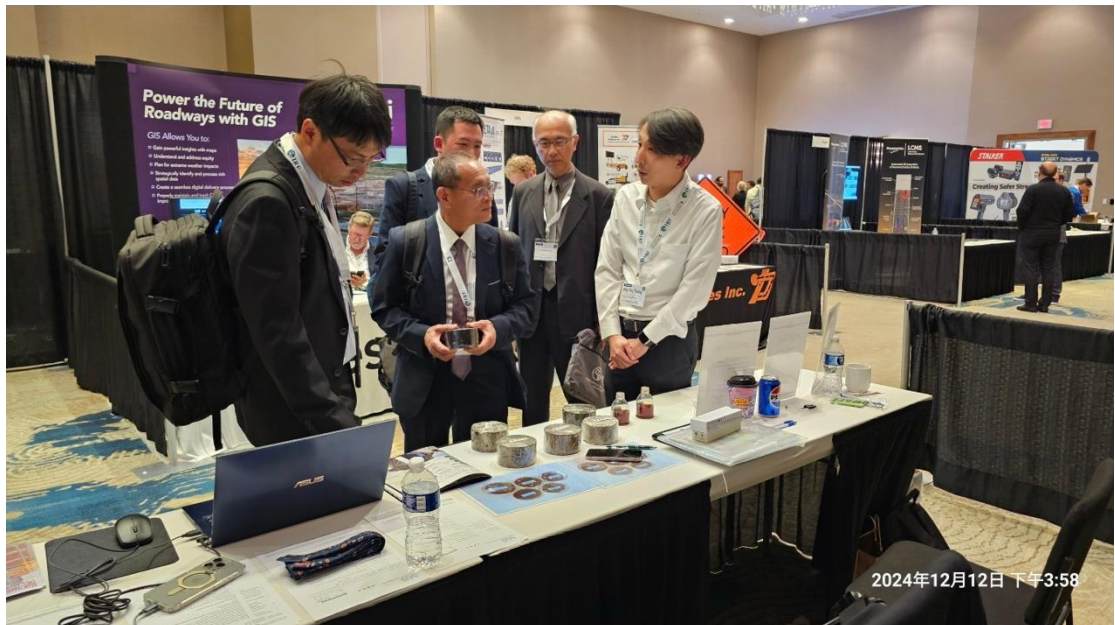
(1)自動化偵測路面孔洞及裂縫



(2)適應不同環境的抗滑標線材料



(3)串聯多項設備的物聯網管理系統



(4)減少碳排冷拌瀝青混凝土

圖 2-3-7 各國廠商商品及技術展示

本次研討會的第 3 天晚上就是此行的重頭戲，全球道路成就獎的頒獎典禮，2024 年臺灣一共獲得 2 項大獎，分別是交通部公路局以南橫公路參賽獲得資產管理與維護類獎項、交通部高速公路局以金門大橋獲得設計類獎項，南橫公路團隊是由林聰利副局長率隊，並由黎明工程顧問公司的黃總經理與組長及甲仙、關山工務段副段長共同參加，利用晚會開始前的空擋，來自臺灣的團隊也共同合照一張，紀念這得來不易的成果。



圖 2-3-8 南橫公路團隊與高科大土木系蘇育民老師合照



圖 2-3-9 來自臺灣獲獎團隊合影

晚宴開始前需要先到會場進行綵排，IRF 副主席會逐一確認各單位領獎人的姓名及稱呼方式，晚宴前 30 分鐘是餐廳工作人員備餐時間，在用餐區的外側走廊有提供簡易餐點給參加人員，這時機也提供各單位彼此認識與交流的時間。

晚宴的餐點較簡潔沙拉、主餐及甜點，主席致詞及介紹工作人員後開始用餐，之後開始正式頒獎的流程。主席會逐一宣布獎項名稱，播放各獲獎單位影片後，請領獎人上台領獎，由主席頒獎，團隊拍照要在全部獎項頒完，活動結束後開放各單位背板前拍照，領獎後本次行程也告一段落。



圖 2-3-10 晚宴前各成員交流



圖 2-3-11 國際道路協會副主席熱情款待



圖 2-3-12 團隊與國際道路協會主席合照



圖 2-3-13 2024 年全球道路成就獎獎盃

三、心得與建議

本次美國考察與領獎行程橫跨美國東岸與西岸，與臺灣的公路系統相比之下，在人行空間與禮讓行人的概念與習慣上有較大差異，無論東岸或西岸，人口密集區的道路都會保留一定寬度的實體人行空間，甚至金門大橋老建築也看得出對於人行空間做的擴建。

此外，美國道路破損與臨補的情形也相當多見，甚至部分市區路面狀況，已達到臺灣用路人容易受傷的程度，但是整趟旅程機車非常少見，因坑洞受傷的高風險族群較少，因此在養護策略上，美國或許可延長路面維護頻率，節省養護經費。

(一)心得

1. 美國土地廣大，城際的公路系統多以緩坡作為分隔，並且不太需要考慮機車通勤狀況，與臺灣地狹人稠的道路規劃，在安全性、交通管理、車道配置有截然不同的思維。
2. 在無號誌路口美國駕駛遇到停等的標誌，一定會停並依停等順序依序通行，這點與目前臺灣駕駛習慣仍有差異，國內部分路口目前透過科技執法，逐步推廣無號誌路口停減速的觀念。
3. 金門大橋是舊金山的重要地標，除了整體橋梁外觀看起來維護良好，塗裝也沒有明顯色差及生鏽情形，並且瀝青路面裂縫多以填縫膠做修補，反應養護經費也許非充裕，可見管理單位花費不少心力在維護作業。
4. 金門大橋周邊的橋梁介紹相當完整，都是盡可能以模型呈現，而非僅用文字說明，並且有組織在運作管理，橋梁整體參觀體驗非常好，未來淡江大橋或許也可循此模式，讓國人及遊客能用輕鬆簡易的方式更認識橋梁。
5. 美國高速公路內車道採用高乘載及高費率計費，並且價格是隨車流

量浮動，降低尖峰時刻車輛湧入高速公路的誘因，這次旅程有遇到交通壅塞，但仍能維持低速前進，並無塞車定點的狀況，或許差別費率有一定的成效。

6. 公路委託私人機構規劃設計、維護及營運，在佛州高速公路上展現了良好的成效，相較於公家維護道路及舊金山的道路，整個外觀及舒適度就有差異，然而，法令及管理權責上如何因應與平衡，或許之後台灣在法令及技術許可前提下，也可參考辦理。
7. 這次頒獎晚宴上，其他類別獲獎單位的得獎內容與成果，很多其實目前國內也能看到相關的案例，特別是運用 AI 協助的路況辨識及管理，未來如有部分成效，或許也能將台灣經驗參賽爭取佳績。

(二)建議

1. 部分市區道路或許可參考美國做法，縮減路肩或將側溝置入人行道下方，爭取空間設置左轉緩衝帶，避免影響直行車流。
2. 本次參訪的地區，道路景觀多以高大喬木搭配草皮做配置，灌木較少見，整體道路景觀開闊清爽，維護上也可減少灌木需人工修剪的成本，考量臺灣天候及環境，或許可先從灌木減量做起，降低維護難度及成本。
3. 近期常可看到公共運輸駕駛長期徵才，顯見人力缺乏，除影響民眾運輸權益外，也對駕駛者的工時有不利影響，日後如安全性及法規完善配套，引進自動駕駛載具(robotaxi)或許是一項可行的解方。
4. 金門大橋周邊的景觀拍照點與遊客中心附近的解說牌，有非常好的旅遊體驗，或許日後淡江大橋完成後，也可成立類似金門國家公園保護協會這樣的組織營運大橋相關設施及介紹，不只是休息站或便利商店，如此也能增加遊客的旅遊體驗。
5. 本次觀察美國臨路作業交通維持措施，除一系列的標誌及實體分隔外，限速標誌主要是採活動式的電子看板，如此就不須牌面長期占用路側，並且電子看板會測量並顯示通過車輛的速度，清楚提示用路人，日後或可引進試辦，增加快速道路上施工安全。
6. 在人本部分，舊金山市不管大街小巷，甚至郊區公路都會設置人行道，使人行與車行空間分離，確保人行安全，國內近幾年也逐漸重視人行空間，因此在道路規劃新建階段，應持續以人為本，強化人行設施之設置。



圖 3-2-1 人行空間完整且舒適

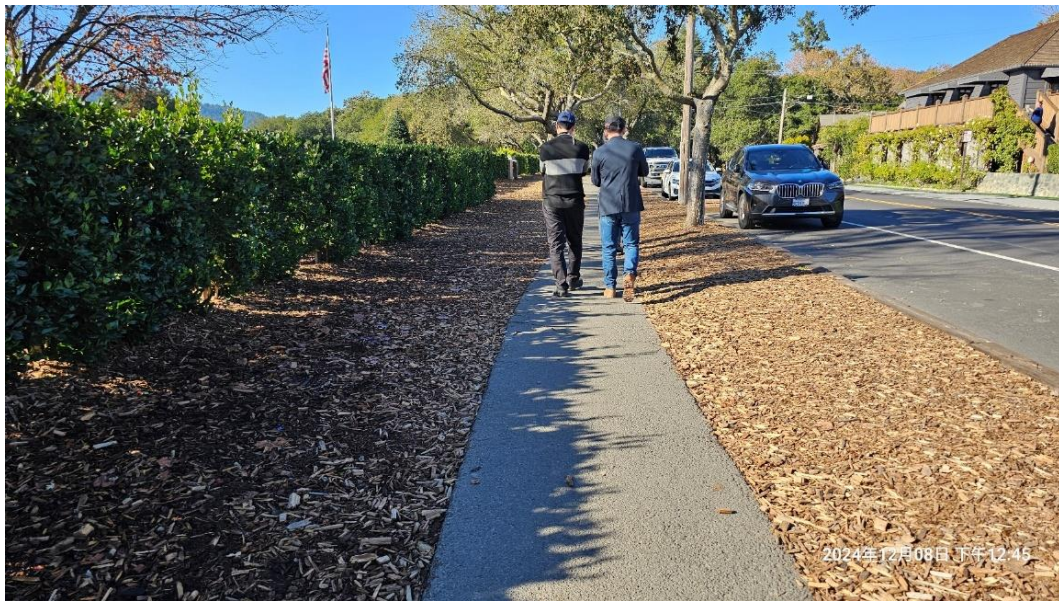
7. 在生態及環境保護部分：

(1) 使用適當工法融合地景，保護生態。



圖 3-2-2 護欄融合地景

(2) 有效利用風倒木或枯木，絞碎後鋪設於適當位置，除有效利用廢棄木頭，降低環保議題外，並可有效減低道路維護成本。



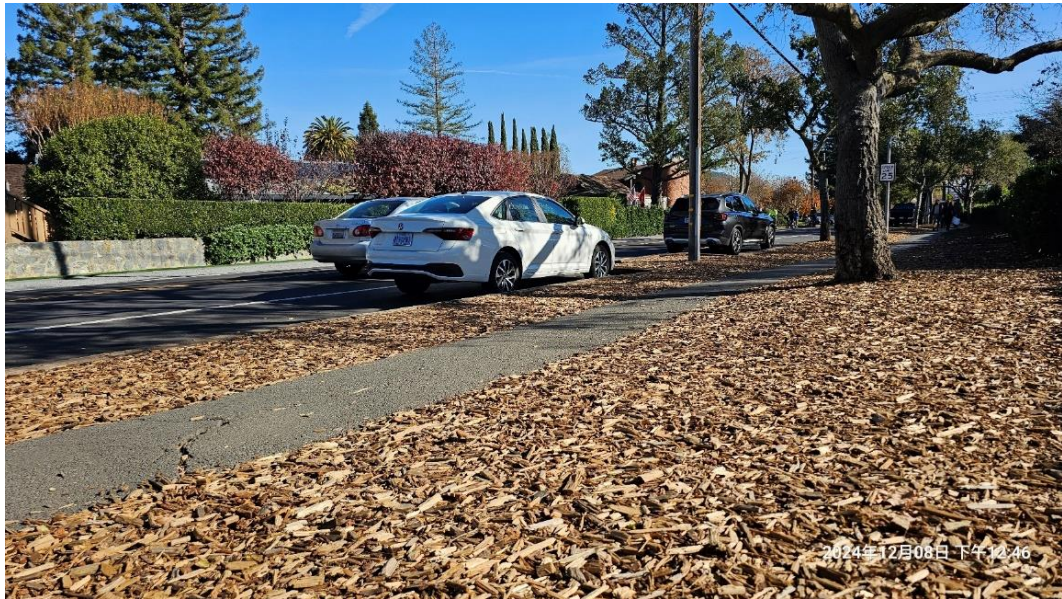


圖 3-2-3 妥善利用木材維持自然道路

- (3) 山區公路對於較緩邊坡，使用過濾管或纖維卷及打樁編柵等生態工法保護邊坡或防止土砂流入道路，危及車行或人行安全。





(1)菱形網內填充乾草臨時保護措施



(2)打樁編柵式防護措施

圖 3-2-4 多種樣式生態工法土砂防護措施

- (4))因地制宜選用適合之生態工法，持續減少混凝土構造物，使用友善環境。



圖 3-2-5 生態工法因地制宜

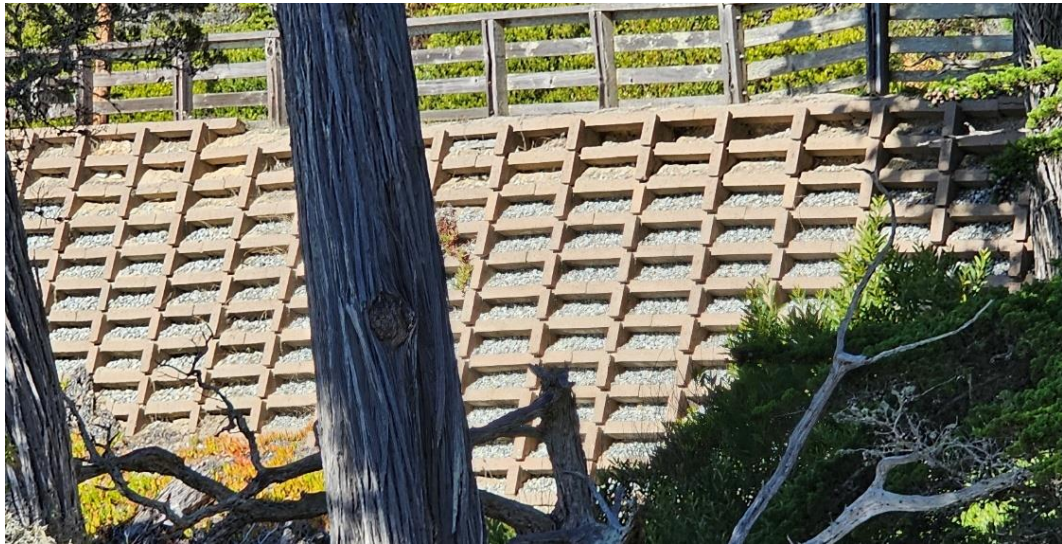


圖 3-2-6 框條式擋土牆