



第二十講

國道之生態性施工-1

道路設計生態考量原則

邊坡保護

箱（管）涵

橋樑

隧道

擋土

翁彩瓊 講述





道路設計生態考量原則

- 目標：環境的永續發展
- 路廊迴避原則：對路廊周遭環境進行充份的蒐集與瞭解，包括動、植物的種類、分布、棲息環境與動物習性與遷徙路徑及地質、地形、水文、水質土地利用與人文環境...等，依據調查成果，評估棲地改變後對物種及環境造成的影響，以為路廊研選之參考
- 衝擊減輕：人為建設與自然環境的共生如經評估無法迴避時，應思考**干擾最小化**的衝擊減輕對策，以加速環境的復原。
- 干擾最小化：填土、挖土及棄土最小，資源消耗最小，棲地干擾最小，生物傷害最小



道路設計生態考量原則

- 補償替代：為加速自然棲地干擾復原的時間，補償替代的手段多採濃縮式生態原則來進行；亦即在有限的時間與空間內以下列原則來推動棲地的復育
 - 基質條件：係指環境之地形與土壤等，可承載生物之基本條件，其原則為（1）創造多樣化的地形（2）維持土壤的肥沃度
 - 植物要素：生物生息所需要的能量多來自於綠色植物，動物之棲息生活亦多與植物群落分布有關；故其原則為（1）形成自然群落（2）去除外來種、抑制強勢種（3）使用蔓藤植物（4）水岸植物的運用



道路設計生態考量原則

- 多孔質空間：棲地環境中，微棲地環境的種類與數量，決定物種的多寡。其設置原則為：（1）土丘洞穴（2）木材穿孔（3）石堆（4）多孔質水域。
- 多種類環境：環境中物種的種類愈多愈能保有生物的資源，其原則為（1）堆積落葉（2）創造窪地（3）設計棲地環境的多樣性。
- 連續空間：在不同的生態棲地間設置連通之廊道



邊坡保護-生態綠化

- 位置：國 85K+300、81K+000
- 背景說明：
北二高關西新竹段經過低海拔丘陵河谷地形，道路工程多以高填路堤及深挖路塹構築，為補救道路建設對自然環境之破壞，邊坡植生採用生態綠化設計，以期恢復自然景觀
- 環境保護對策：
生態綠化係選擇適宜該路段生長之多樣林木樹種混合栽植，並仿效造林方式採用容器育苗，苗木高度約**60公分**，種植採行距**1~1.5M**×**1~1.5M**，種植方式每一群同類樹種不得少於**10株**，最多為**40株**，以達到同類植物自然而不規則分佈





邊坡保護-打樁編柵植生型

- 位置：國 97K+600
- 背景說明：
北二高竹東柯子湖至寶山路段開挖邊坡屬岩層坡面，一般傳統簡易植草工法，不易達到水土保持功能，利用打樁編柵回填客土植生並防止沖刷，有利植物生長
- 環境保護對策：
開挖邊坡每隔**0.5M~1.0M**沿等高線，打樁（萌芽樁或鋼筋樁）一排，樁距**0.5M**，並以鋼網柵，不織布等材料編織成柵後回填客土，每段邊坡略呈平台狀，配合草種噴植，並敷蓋稻草蓆，以利植生





邊坡保護-自由型格梁植生

- 位置：國 9K+000~9K+450
- 背景說明：
北宜高速公路石碇坪林段開挖邊坡屬深挖方岩層坡面，坡度超過 45° ，傳統鋼筋混凝土格梁工法施工不易，採用自由型格梁植生工法施工，可以克服陡坡施工之困難，並利用格梁保護植生基材防止沖刷，以利植草之生長
- 環境保護對策：
深開挖之陡坡，經依地形修坡後，將鐵絲網固定於坡面，並依圖示設置鋼筋格梁成十字交叉，並於交叉點以錨釘固定之，沿鋼筋格梁施作噴凝土，框內再噴附植生基材及草種，經養護管理即可達到邊坡綠化之成效





邊坡保護-噴穩定土

- 位置：國 36K+500

- 背景說明：

北二高中和土城段北上側開挖邊坡屬岩層坡面，植生不易，如採用客土方式改善坡面土質，由於客土容易造成坍塌且施工困難，如採輕質植生基材之噴穩定土工法，可以克服惡瘠地況坡面植生

環境保護對策：

改善坡面地質狀況，為植生首要任務，岩石邊坡或無土壤成份之岩石碎屑地，植物無法生長，必須行坡面客土及預做防止客土層滑落之處理。噴穩定土植生係將立體網固定於坡面，再將植生基材（含纖維基材、堆肥、保水劑、粘著劑、草種）拌合，利用高壓吹付機噴附於立體網上，厚度約3~5cm，視地質狀況而定，完工後經養護管理後，即可達到綠化成效。





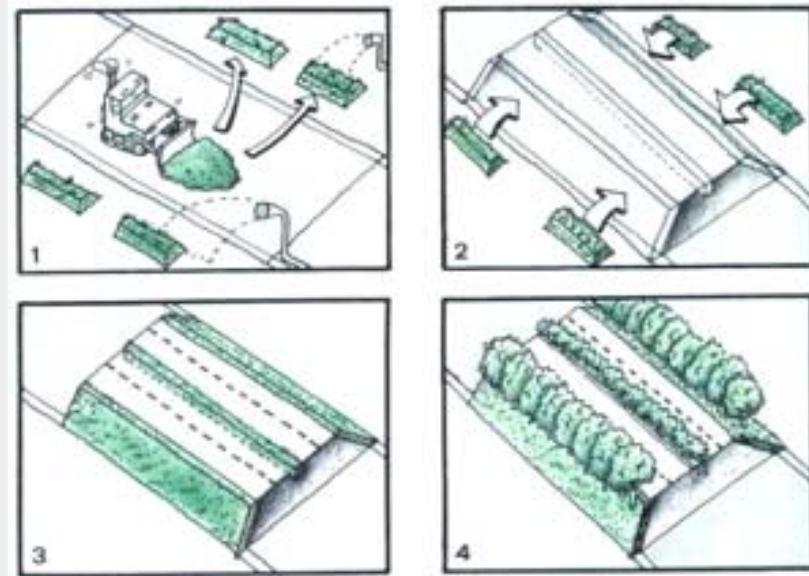
邊坡保護-表土再利用

位置：路堤填築路段

背景說明：道路開闢經過丘陵地，為減輕道路建設對現有植被之破壞與干擾，設計時積極思考植生景觀復原的方法。


環境保護對策：

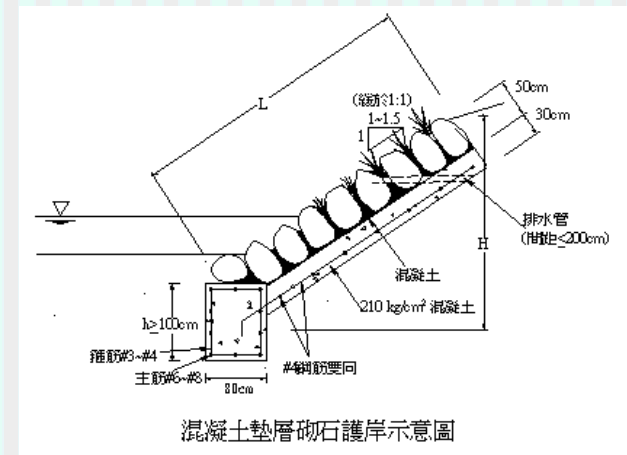
原生林區之表土係植群物種之土地銀行，經常年生態作用含豐富的腐植質及種源庫，為加速植群社會之演化，經調查後保留開挖路權之表土，俟路堤完成後再回覆鋪植於邊坡。經追蹤觀察該區域植生狀況極佳。






排水篇-多孔質表面之生態護岸

- 位置：國 
- 背景說明：
混凝土墊層砌石護岸除有鋼筋混凝土構造保護河岸，避免受水流衝擊而侵蝕外，外表輔以砌石來減少混凝土用量，砌石間縫隙亦可供植物生長之空間，達到水岸綠化之目的
- 環境保護對策：
儘量就地取材，以在地塊石取代混凝土，砌石縫隙可供植物生長，營造水生動植物生長環境





排水篇-排水性鋪面

- 位置：國 
- 背景說明：
目前國內逐漸推廣應用之排水性路面，又稱多孔隙瀝青(**Porous Asphalt**)路面，因瀝青混合料之連續空隙佔**20%**以上，依據國外經驗可有效降低雨天行車時輪胎濺起的水霧量、減輕行車噪音並降低雨天夜間行車的反光量
- 環境保護對策：
道路採用排水性路面鋪設，由於行車噪音及雨天夜間行車的反光量之減輕，對於周圍動、植物環境生態之干擾應可有效減緩



← 排水性路面

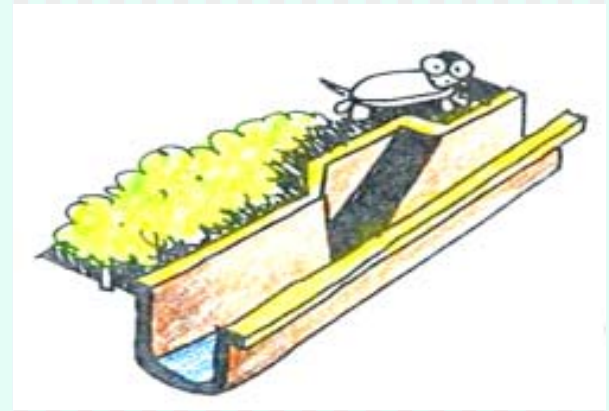


傳統性路面 →



排水篇-路邊溝脫離斜坡

- 位置：日本鬼首高速公路
- 背景說明：
因排水需求與用地範圍限制，高速公路排水溝溝深常達**1M**以上，考量不慎掉入水溝之小型動物能自行脫困及讓兩棲類動物自由進出之需要，需於深排水溝設置動物脫離斜坡
- 環境保護對策：
路側排水截流溝除具排水需求外，亦有阻隔動物避免入侵車道而生意外之功能。為考量誤入溝中之小型動物能自行脫困及讓兩棲類動物自由進出之需要，應於邊坡側設置動物脫離斜坡





箱（管）涵 - 箱涵型生物廊道


- 位置：奧地利箱涵型生物廊道
- 背景說明：
奧地利某大型動物箱涵型生物廊道，做爲牧羊、牧牛群等大型動物之草原自然通道，周圍綠地均作地形改變，以引導牛羊自然穿越公路
- 環境保護對策：
因道路興建阻隔既有野生動物活動空間，故利用箱涵生物廊道做爲野生動物移動路徑，避免野生動物橫越道路而生意外



圖7.13 奧地利某動物穿越地下道



箱（管）涵 - 拱涵型生物廊道

- 位置：國  9K+382
- 背景說明：
兩棲類、爬蟲類動物常在有水之處產卵，而其日常生活則在陸上。在橫交道路下方設置拱涵型生物廊道，除可保持既有水路通暢外，另在水路兩旁留設步道，供陸生動物通行
- 環境保護對策：
棲地因受公路阻隔而設置拱涵通道連接，並於涵洞內營造水陸兩種棲地環境，使兩棲類、爬蟲類動物可異地覓食、產卵繁殖





橋樑-以高架橋取代高填土

- 位置：新店交流道
- 背景說明：
本路段跨越谷地，若採路堤填築將造成原地形地貌大幅改變及棲地阻隔，不適動物之遷徙及繁衍
- 環境保護對策：
以高架橋取代高填土，保留橋下動物生態廊道暢通，減少填土對棲地之傷害及借土對環境之破壞





橋樑-以大跨徑跨越水路或棲地

- 國  4K+339~4K+784

- 背景說明：

瑪陵橋跨越溪谷拱跨徑**138**公尺、橋面距地面高**70**公尺，若採短跨多孔橋梁，必須於溪中落墩，對棲地將造成干擾

- 環境保護對策：

以大跨徑跨越水路或棲地，保留橋下完整空間對棲地造成最小干擾





橋樑-高空作業架設橋梁

- 位置：國  77K+701 ~ 78K+496
- 背景說明：
傳統橋梁均採就地支撐工法架設，對於橋下之環境造成嚴重破壞，生物也因受到地面清除與整平而傷害
- 環境保護對策：
橋梁採用節塊推進工法架設，
由於係屬高空作業，橋下不需支撐，對周圍環境之干擾最小



鳳山溪橋




橋樑-漸進式橋梁工法

- 位置：美國Linn Cove高架橋
- 背景說明
路線經過環境敏感區，依規定不得開闢施工便道，但為完成此項公路建設任務，工作團隊研發創新的技術，俾對周圍環境造成最小干擾
- 環境保護對策
採漸進式橋梁工法配合預鑄節塊橋墩與基礎，橋梁由橋台之一端向另端前進，不需開闢施工便道，減少對環境之破壞




橋樑-單柱單斷面橋梁

- 位置：國  16K+794-17K+604石碇高架橋
- 背景說明：
石碇高架橋位於陡峭之山坡上，橋面寬**24.60公尺** 東行，西行各兩車道，依傳統設計均採雙柱雙斷面分離車道，由於兩柱相距較遠基礎開挖對陡峭之山坡將造成龐大的破壞
- 環境保護對策：
採單柱單斷面設計，減少基礎開挖對山坡之影響，亦即對周圍環境造成最小干擾





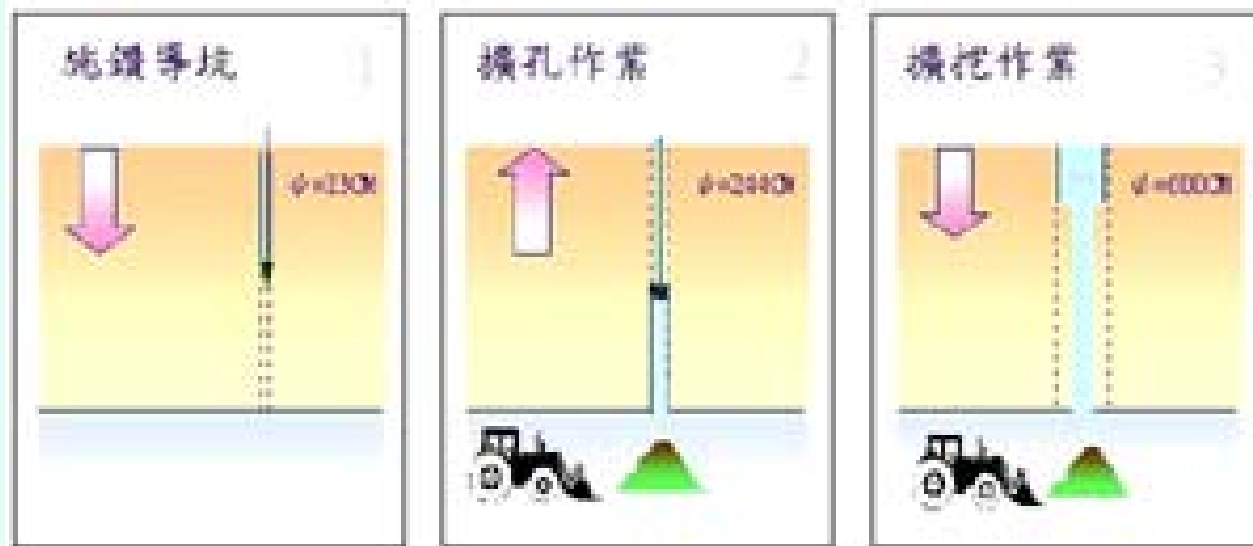
隧道-昇井工法

- 位置：國  雪山隧道1號豎井
- 背景說明：
雪山隧道全長約 **12.9**公里，為通風需要沿線設置三組豎井（由西向東分別為**1**號豎井、**2**號豎井、**3**號豎井），每組包括進氣井與出氣井各一，其深度依序分別為**490m**、**243m**、**448m**
- 環境保護對策：
相較於傳統鑽炸法施工，其開挖碴料需由豎井上方另尋（或另闢）道路運棄，對豎井週遭環境擾動極大。



隧道-昇井工法

- 昇井工法施工所產生之碴料，直接落入豎井下方隧道內，與隧道主體開挖碴料一併處理，可減少施工期間土方運輸路線、縮短運距，降低工程施工對週遭環境之傷害




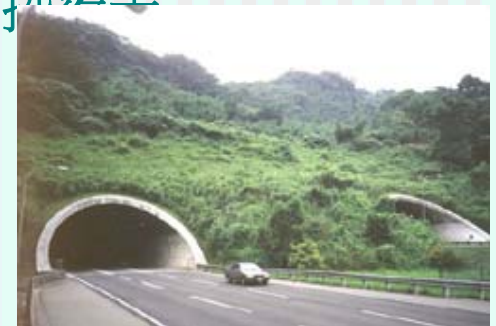
昇井工法施工步驟（中興顧問提供）



隧道-

隧道洞口開挖最小化及恢復自然景觀

- 位置：國  景美隧道南口
- 背景說明：
景美隧道南口為減少洞口開挖採用管幕工法（**pipe roof**）輔助施工，進洞前於頂拱上方鑽設管幕鋼管，並於管內進行灌漿兼作頂拱地盤改良，以使隧道上方形成穩定的拱圈，作為進洞時防止頂拱崩塌的主要前進支撐，再行進洞
- 環境保護對策：
早期隧道設計為維持洞口之穩定，常需選擇有相當岩覆（如**2~3m**）才進洞，故洞口常伴隨大規模之邊坡開挖。隨著工程施工經驗之累積，隧道設計觀念逐漸改變，二高後續階段之隧道工程，多設法以減少開挖提前進洞為原則，採用明挖管幕工法施作，以期儘可能回復原貌，或以輔助工法（如管幕工法）於隧道洞口處於極淺覆蓋之情況下，直接進洞施作，將洞口週遭邊坡工程規模減至最小，並植生恢復自然景觀





隧道-以隧道構築取代路塹開挖

- 位置：東部公路蘇澳和平段二A隧道
- 背景說明：

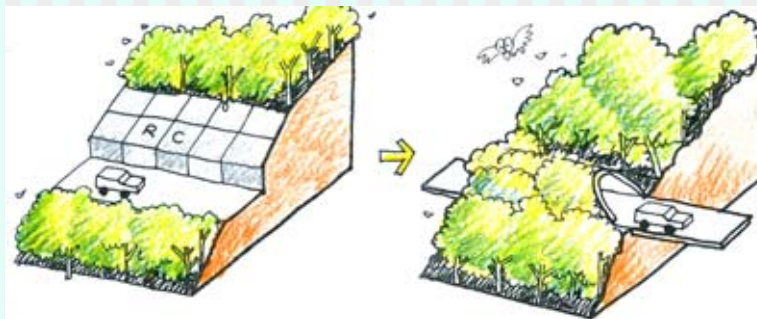
現正進行細部設計的東部公路蘇澳和平段，路線全長約**36**公里，配置隧道計**9**座，總長約**25.9**公里，佔路線比例**74%**。

其中二A隧道規劃路段，於初設初期規劃以路塹方式通過，其邊坡大開挖路段約長**200**餘公尺，開挖邊坡最高達**8**階，估算土方平衡後，尚餘棄方約**48**萬立方公尺。經初步設計階段反覆檢討後，二A隧道構築之替代方案雖有其工程上之種種不利因素(如覆蓋不足及偏壓)且工程造价較高，但考量大規模路幅開挖將造成路線週遭自然環境嚴重破壞，最後仍決定以二A隧道之工程配置進行細部設計。



隧道-以隧道構築取代路塹開挖

- 環境保護對策：
就工程角度來思考，經濟及效率常是影響工程設計及施工方案選定極重要之因素，故路塹開挖方案與隧道構築方案相較，前者憑藉著造價低、工期短之有利因素，再加上施工技術門檻亦不高，在傳統設計觀念上，常是第一順位之選擇。
近來邊坡工程因大規模土方工程所造成之環境衝擊也常遭人詬病，在納入生態考量及棄方處理等因素下，隧道構築方案儘管在工程技術上將遭遇較路塹開挖方案更多之困難，且所需費用亦較高，但在工程考量及環境保護兩相權衡下，隧道構築方案應為現階段較佳之選擇



資料來源：蔡厚男教授.邱銘源.呂慧穎著「道路建設與生態工法」



擋土--框條式擋土牆

- 位置：國  38K+100
- 背景說明：
本路段屬礫石層地質，坡面微量滲水，由於用地設限，邊坡無法修緩必須以擋土設施處理，又開挖後之坡面，與原有之植被相較顯得特別突兀，如何尋求一種排水性良好且讓原生植物容易導入的擋土設施為必須深入思考的問題
- 環境保護對策：
此類型擋土牆由預鑄框條組成並背填礫石，由於透水性良好且表面呈多孔隙空間，有利原生植物之導入，可加速與周遭環境融合





第二十講

國道之生態性施工-1

講述完畢

