

高雄市政府、高雄市工程技術顧問公會合辦

「民生工程設計及監造實務」教育訓練

民生工程設計實務

講師：高雄市工程技術顧問公會
理事長 劉建陸

學歷：國立台灣大學土木工程系(民國64年6月)
美國史丹福大學土木/結構碩士(民國72年6月)
高考土木科及格(民國64年8月)
土木技師

經歷：高雄市土木技師公會理事長
行政院公共工程委員會查核委員
高雄市政府建築爭議評議委員
高雄市政府公共工程查核委員
高雄市教育局工程採購審議委員

◎何謂民生工程？

工程學是藉由鑽研與實踐數學、自然科學、社會學等基礎學科的知識與衍生科技，來達到改良各個產業中的設計、建構與應用方式的一門科學。土木工程是將這些知識與科技運用在「民生設施」，土木工程的英文Civil Engineering就是「民生工程」。

我們的日常生活，到處充滿民生工程的傑作，從每天使用的道路、通勤鐵路、捷運，居住的房屋、上班的辦公大樓、工作的製造廠房，甚至於生活所需的水、電、瓦斯、通信設施都是屬於廣義的民生工程範疇。

民生工程產業一直是經濟的火車頭，以往經濟奇蹟大都仰賴民生工程打造的堅實基礎建設。現在面對全球暖化所帶來的極端氣候影響，過去許多的建設變得岌岌可危，防災、減災與災後重建也成為民生工程的重大挑戰。

首要民生工程：基礎建設之道路工程(行的建設)

◎授課內容

道路工程設計實務

一、選線原則

二、邊坡穩定工程—上邊坡、下邊坡

三、排水工程—排水邊溝、橫向涵管(箱涵、管涵)、集水井、末端處理(消能設施、消能池、護坦)

四、橋梁工程—跨河橋梁(各種型式橋梁結構)

五、路基路面工程—柔性路面(瀝青混凝土)、
剛性路面(水泥混凝土)

六、災害復建工程

七、常見設計缺失探討

八、結語

◎道路設計相關規範與準則

■道路設計相關規範

1. 交通部108年9月20日頒佈之「公路路線設計規範」
2. 交通部91年1月31日頒佈之「柔性鋪面設計規範」
3. 交通部104年4月13日頒佈之「公路橋梁設計規範」
4. 交通部107年2月6日頒佈之「公路排水設計規範」
5. 內政部98年4月15日頒佈之修正「市區道路及附屬工程設計標準」
6. 行政院農委會103年9月11日修正發佈「水土保持技術規範」
7. 行政院農委會105年8月19日修正發佈「農路設計規範」

道路工程設計要點

◎工程設計準則

1. 基本原則

避免大開挖斷面如於部份路段仍不可避免有局部高填土及高開挖斷面，而須設置擋土及護坡結構設施，以穩定邊坡並減少挖填土石方。

★生態工法之導入

◎目標

- (1) 避免破壞環境。
- (2) 考量生命週期設計。
- (3) 使用最少資源。
- (4) 能資源再生利用。
- (5) 維護生物多樣性。

◎導入原則

- (1) 整體性系統環境整合。
- (2) 引用自然、透氣邊坡。

◎手法：迴避、補償、增益。

◎結構物設計原則

結構型式除兼顧安全、經濟、美觀、生態等基本原則外，亦須考量工程特性、工程規模、施工迅速、工程費適當，並兼顧國內施工技術水準、配合環境景觀、力求造型均衡及施工中交通維持等因素。

有關結構物構造型式之決定，需考慮下列因素：

1. 工程特性與工程需求。
2. 地形與地質條件。
3. 工程預算。
4. 施工條件。
5. 增進地域景觀。
6. 工程範圍內之生態保護與環境維護。

一、選線原則

◎選線原則

道路選線之原則如下：

1. 決定道路等級與設計標準，通用規範。
2. 道路選線宜避開大規模房屋設施拆遷、於地形陡峻、地質結構不良、活動斷層、順向坡、易崩塌滑動或生態敏感等地區，並應顧及完工後之養護。
3. 坡降較大路段之迴頭彎宜設於地形平緩之坡面以減少自然坡面之破壞及挖、填土石方數量；兩連續之迴頭彎距離應儘量拉長及錯開，以免造成上、下路線過於接近，致使坡面破壞過鉅，而影響邊坡之穩定。
4. 沿河岸構築道路時，路基以不占用河道為原則。但經水利主管機關核准者，不在此限。

◎選線作業

依路線規劃標準及預定規劃路線圖等資料，會同業主確定工程起、訖點位置及依下述原則，選定路線：

1. **新開闢路線**：路線除應符合規劃設計標準，力求**線形完美**外，並應兼顧**工程經濟**，**減低環境衝擊**、**儘量減少建築物等之拆遷**及日後完工後**養護之容易性**等原則。如為顧及規劃設計標準而無法兼顧其他原則，會同業主重新研議規劃標準或修改規劃路線後，再行實地選線之。新闢路線之選線，係後續測量工作之基礎，故選線工作須極謹慎。
2. **現有道路拓寬改善路段**：局部改善，並儘量使用既有路幅。
3. **屬都市計畫區路段**：應按都市計畫中心樁辦理設計。
4. **地形複雜之新闢路段**：選線應就預定規劃路線先於1/5000或1/10000比例尺像片基本圖研訂初步之中心線做為規劃路線，路線圖應以圖說方式並標示橋樑、隧道位置、長度及繪製縱斷面圖，並以書面方式說明選線方案之評估及原則，必要時**初步分析挖填土方量**。

二、邊坡穩定工程

◎道路邊坡穩定工程

邊坡常受到自然與人為因素之影響而遭受破壞，破壞原因可歸納為驅動力增加或抵抗力減少兩類。趨動力增加可能係因填土、加蓋或增建結構物、地下水升高、地震力作用等因素；抵抗力減少可能為側向結構物移除、河岸沖刷、開挖等導致。針對此兩種破壞原因，穩定邊坡之方式有抑制工法及抑止工法兩種。邊坡之穩定宜因地制宜，一般依現場之需要，在坡腳以工程方法穩固之，並配合縱橫向排水溝排水，再實施坡面植生綠化，並施予妥善的管理維護。

◎道路邊坡穩定設計

一、基本設計條件

道路之線形於規劃時，通常為避免大開挖斷面及高填土斷面，因此路線大多沿既有道路或邊坡坡腳佈設，惟因受部份崎嶇地形、道路設計標準等限制因素之影響，於部份路段仍不可避免有局部高填土及高開挖斷面，而須設置擋土及護坡結構設施，以穩定邊坡並減少挖填土石方。

★一般邊坡穩定設計原則

1. 人工邊坡：人工邊坡之設計，應力求符合安定所需，若欠缺詳細之調查與分析，可參考下列挖、填方邊坡之合理坡度表。
2. 排水工程：為攔截地表或地下水，並加以誘導排除，應依據地形、地下水或岩盤面分布狀況，選擇最有效且經濟之方法辦理。
3. 擋土工程：為抵抗土壓力之構造物，常挖填工程及排水工程配合使用，其規劃設計參照擋土牆之設計規範辦理。
4. 坡面保護工程：為保護坡面風化、防止沖蝕及考量景觀所採用之植生或以構造物穩定坡面之設施，其規劃設計參照植生綠化規範辦理。如為邊坡土石之崩落或滑動現象其規劃設計參照崩坍地處理規範辦理。

◎道路邊坡穩定設計

★一般邊坡穩定設計原則

邊坡破壞的原因

坡地發生災害的原因相當的複雜，包括人為開發、地質、地形、重力、降水、地震等。一般可依其特性分類如下：

1. 自然與人為的原因。
2. 坡地之先天性的、內在的原因—因素，以及後天性的、外在的原因—誘因。
3. 促成破壞力之增加與減少抵抗破壞力的原因。

填方邊坡之合理坡度表

填方材料	填方高度 (公尺)	邊坡坡度 (直：橫)	土質分類
良好級配合之砂礫或 礫石、砂之混合料	0~6	1:1.25~1:1.5	GW、SW、 GM、GC
	6~15	1:1.5~1:2	
不良級配之礫石	0~10	1:1.5~1:2	GP
岩石破碎堆積料	0~10	1:1.25~1:1.5	GW、GP、 GM
	10~20	1:1.5~1:2	
砂質土、硬性粘質土 、沉泥質砂	0~6	1:1.25~1:1.5	SM、SC、 CL、OL
	6~10	1:1.5~1:2	
軟性粘質土	0~6	1:1.5~1:2	CH、MH

備註：土質分類符號表示同上表。

◎道路邊坡穩定設計

★一般邊坡穩定設計原則

影響邊坡穩定的力學因素

邊坡破壞之發生，係當邊坡某一臨界面上，發生之剪應力超過土壤之抗剪強度時，即發生崩坍。而邊坡穩定分析即是在核算破壞面上之抗剪強度與產生之剪應力關係，並由兩者之比值，以安全係數(Factor of Safety)表示之。一般引起邊坡破壞的力學原因，可分析如下：

1. 剪應力增加

- (1)由於荷重增加：坡頂上加建房屋、堆積材料等。
- (2)由於土壤重量提高：土內含水量增加。
- (3)由於邊坡土壤流失或挖除而失去平衡。
- (4)由於坡腳支撐力降低：開挖隧道、坑道、蝕溝沖刷或滲漏等。

2. 抗剪強度降低

- (1)由於吸水膨脹，孔隙水壓力增大。
- (2)由於反覆脹縮而引起土壤之裂縫。
- (3)由於靈敏性土壤的變形或持續性破壞。
- (4)由於解凍或膠結材料之老化或喪失。

◎道路邊坡穩定設計

安全係數之決定，可用下列諸形式表示：

- 1、沿著可能滑動破壞面之抵抗力(Resisting Forces)與驅動力(Driving Forces)之比。
- 2、抗剪力對可能滑動破壞弧面圓心之力矩與驅動破壞力對同一圓心的力矩之比值。
- 3、沿著可能滑動破壞面之抗剪強度(Shear Strength)與土壤之平均剪應力(Average Shear Stress)之比值。
- 4、由理論計算所得允許最大高度(臨界高度)與實際坡高之比值。

經由安全係數之檢算，可瞭解沿著某一已知滑動面之抗剪強度參數值，並使邊坡坡面成為極限平衡狀態(State of Limiting Equilibrium)最小安全係數(Minimum Allowable Value of Safety Factor)係由下列諸因素決定之：

- 1、抗剪強度參數
- 2、孔隙水壓力分佈
- 3、土層性質與類型
- 4、邊坡幾何形狀
- 5、施工控制與技術水準
- 6、工程經費
- 7、維護管理
- 8、其他諸如邊坡之人為、自然等環境條件、邊坡失敗的影響(保全對象)、現有邊坡之暫時或永久性等。

◎道路邊坡穩定設計

★設計安全係數

- 1、依據「建築技術規則建築構造編基礎構造設計規範（含解說）」：建議邊坡於常時、暴雨、地震之安全係數分別需大於1.50、1.10、1.20。
- 2、依據「台北市山坡地開發建築基地規劃設計技術規範」：不同邊坡型態於常時、暴雨、地震之最小安全係數，分別是自然邊坡為1.25、1.10、1.05；挖方邊坡為1.50、1.20、1.15；填方邊坡為1.30、1.15、1.10，而進行必要的規劃設計。
- 3、依據「水土保持技術規範」：擋土牆設計安全係數，滑動：地震(1.2)、暴雨(1.1)、平時(1.5)；傾倒：地震(1.2)、平時(2.0)。

土層邊坡穩定分析方法及適應用性

在邊坡穩定分析法中可採用有限元素法及極限平衡法，有限元素法一般常用於夯實土堤、土壩等，較為複雜之分析時使用；而極限平衡法則較常應用於自然邊坡、開挖面分析等，其極限平衡法考慮所有影響材料強度之主要因素，較易於應用亦可得到較為合理之結果。

◎道路邊坡穩定設計

極限平衡法可區分為四步驟：

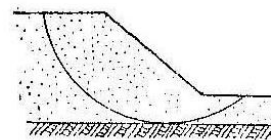
1. 先假設一最可能之滑動面，如弧形或沿著脆弱面之滑動面，並假設滑動面上之每一點均同時破壞，即每一點之安全係數均相同。
2. 由作用於滑動體上所有力或力矩之靜力平衡，可算出滑動面上所受之剪力。
3. 以材料之抵抗強度與發生剪力之強度相比較，可得到此滑動面之安全係數。
4. 再假設另一可能之滑動面，重覆上述步驟，求得另一安全係數如此反覆演算，可比較出安全係數最小之斷面及安全性，作為後續工程改善之參考依據。

在分析過程中，可能受孔隙水壓之作用因素，須於分析前先行考量採用總應力分析方法（如Culmann分析法、Taylor分析法、圓弧分析法、普通切片分析法）或有效應力分析方法（如普通切片分析法、Bishop切片分析法、簡化Bishop切片分析法、Morgenstern切片分析法、Spencer切片分析法、Janbu切片分析法）。

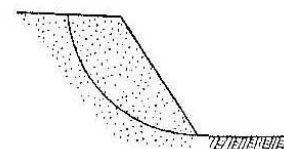
◎道路邊坡穩定設計

一般山坡地開發，不穩定之邊坡破壞型式，由於地質構造、地質特性及順向坡而顯現不同之破壞模式，歸納可分為三大類型：

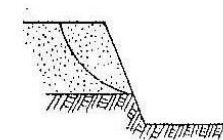
- 1、平面型破壞
- 2、圓弧型破壞
- 3、翻覆型破壞



坡底破壞



坡趾破壞



坡面破壞

邊坡破壞之形式

各種方法採用之靜力平衡關係 (Fredlund, 1977)

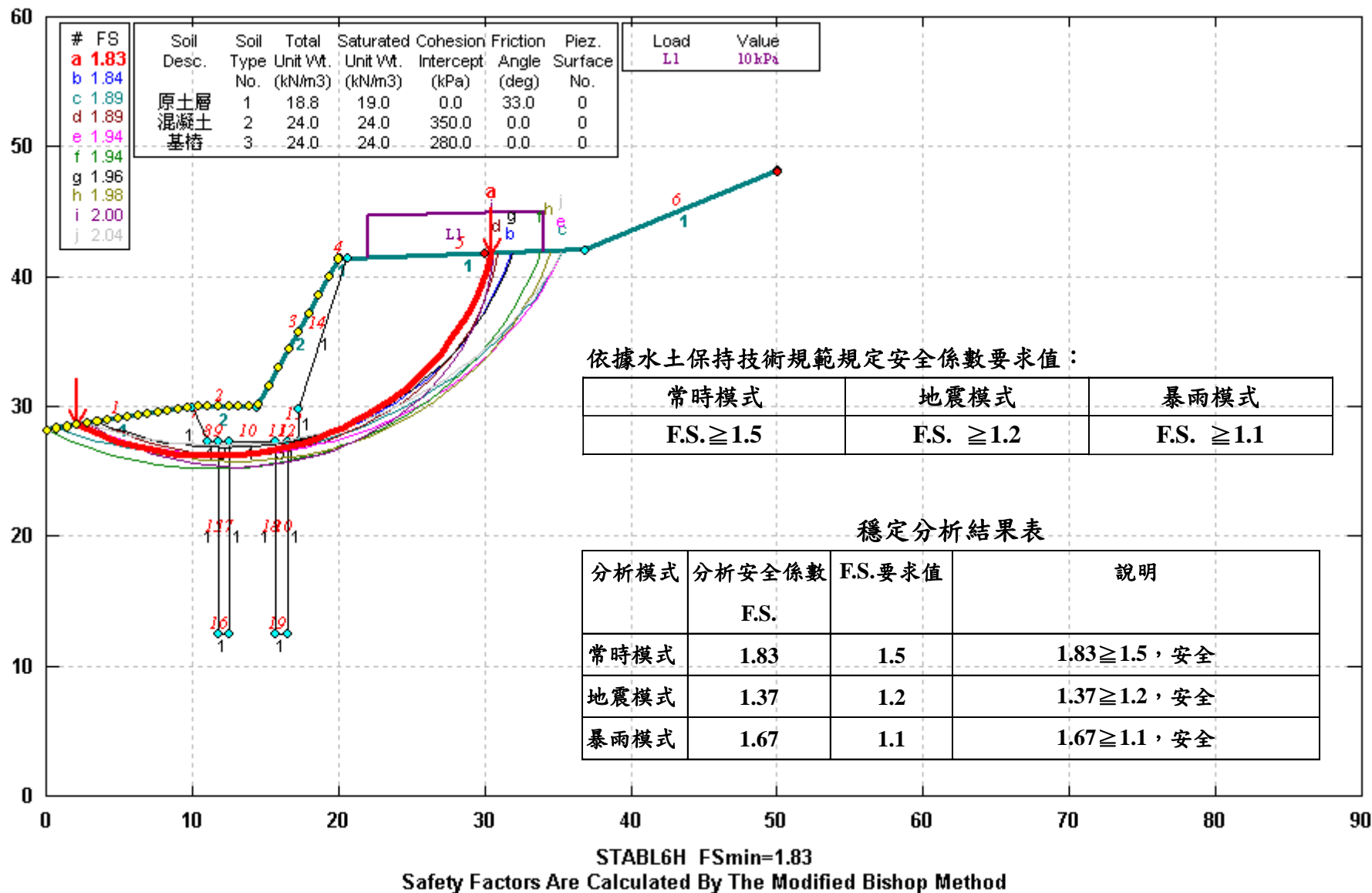
方 法	根據之靜力平衡		
	力矩平衡	力平衡	滑動面
Fellenius 法 (1927)	Yes		圓弧滑動面
Bishop 簡化法 (1955)	Yes		圓弧滑動面
Spencer 法 (1967)	Yes	Yes	不規則
Janbu 簡化法 (1956)		Yes	不規則
Janbu 嚴謹法 (1956)		Yes	不規則
Morgenstern-Price 法 (1965)	Yes	Yes	不規則

◎道路邊坡穩定設計

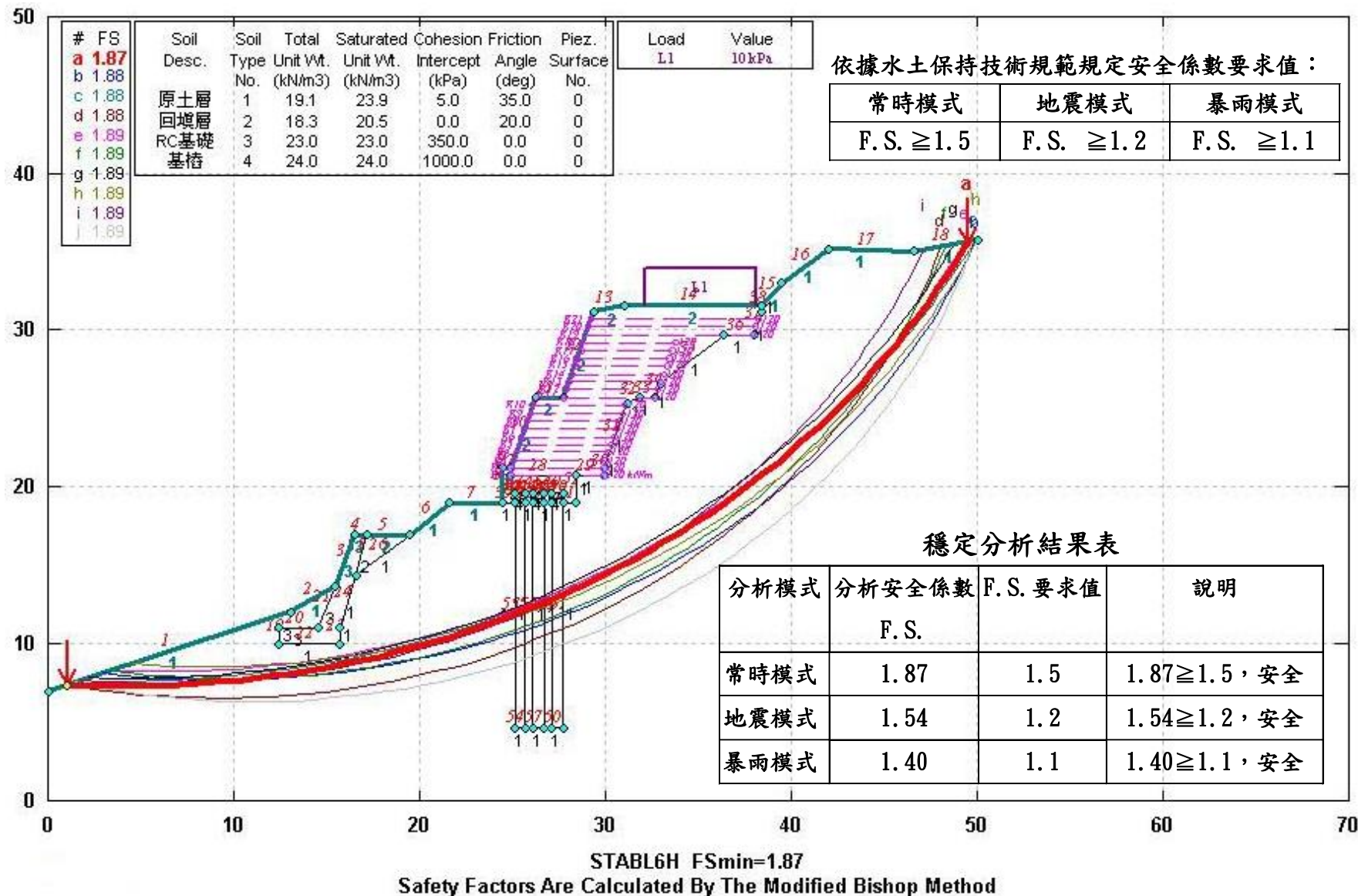
★常用套裝軟體

- 1、*LEASE* (MIT, 1969) — 採用之分析方法為 *Fellenius* 法及 *Bishop* 簡化法(切片法之一)，僅適用於圓弧形破壞面。
- 2、*STABR* (U. C. Berkeley, 1971) — 分析方法採用 *Fellenius* 法及 *Bishop* 簡化法，僅能分析圓弧形破壞面。
- 3、*SLOPE* (U. Sakatchewan, 1974) — 採用 *Fellenius* 法、*Bishop* 簡化法、*Janbu* 簡化法，*Spencer* 法，*Janbu* 嚴謹法及 *Morgenstern-Price* 法等分析方法。
- 4、*STABL* (Purdue U., 1975) — 採用分析方法為由 *Bishop* 法所衍生的 *Carter's* 法，可分析一般形狀破壞面。
- 5、*MALE* (U. Colorado, 1972) — 採用 *Morgenstern-Price* 法。
- 6、*PIT* (U. S. Bureau of Mines, 1972) — 以有限元素法、極限平衡法為其分析方法。
- 7、*SSTAB1* (U. T. Austin, 1974) — 分析方法採用 *Spencer* 法。
- 8、*REAME* (U. Kentucky, 1984) — 採用 *Fellenius* 法及 *Bishop* 簡化法。
- 9、*FLAC* (Itasca) — 採用有限差分法。
- 10、其他商用軟體。

◎道路邊坡穩定設計



◎道路邊坡穩定設計



◎道路邊坡穩定設計

◎擋土牆及護坡：

主要功能：

於有限之用地範圍內提供道路擋土及邊坡保護。

注意事項：

1. 設計須符合規範之安全要求。
2. 型式之選擇，須依工址條件評估、定案。
3. 須考量施工性及維護(尤其牆背洩水孔、伸縮縫之施設)。

◎道路邊坡穩定設計

★上邊坡處理常用工法

◎道路上邊坡崩塌破壞

道路上邊坡常因土體滑動崩落致使道路阻斷，其處理對策將以邊坡穩定處理手法為主，處理方式可以較偏向工程方法配合生態之植生方法進行整治。

至於上邊坡岩石墜落對道路危害之處理方式；若屬小規模落石，可採防止落石發生之工法或阻擋落石之方法處理；若屬岩楔破壞則應尋得關鍵岩楔，經穩定分析後以適當之岩釘或岩栓錨定；若屬平面滑動則應儘量避免砍斷坡腳，並規劃於崩塌坡腳施設擋土牆加設排水溝以利道路縱向排水，配合防落石柵之方式穩定坡腳。

護坡旨在保護邊坡穩定、防止沖刷；通常應就景觀與工程費用加以考慮。

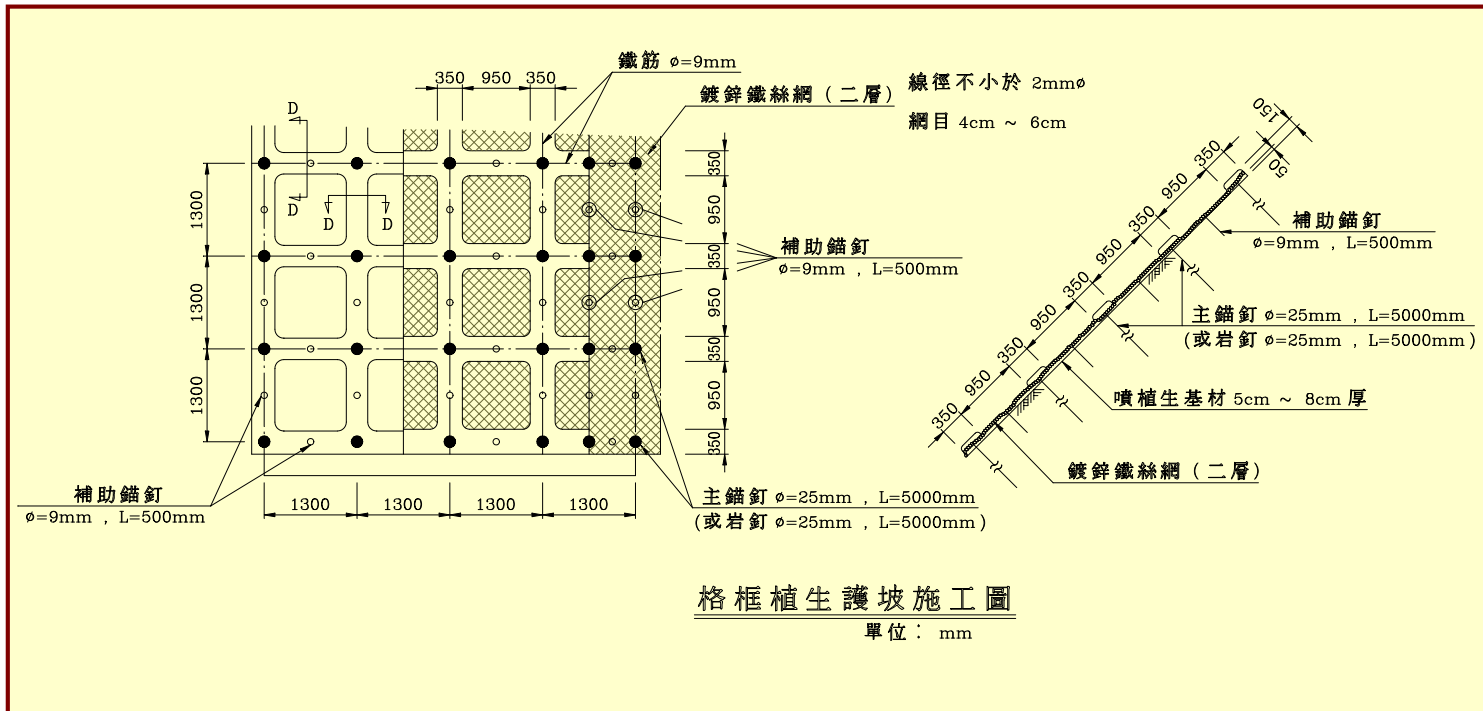
◎工程設計準則

★上邊坡處理常用工法

護坡旨在保護邊坡穩定、防止沖刷；通常應就景觀與工程費用加以考慮。

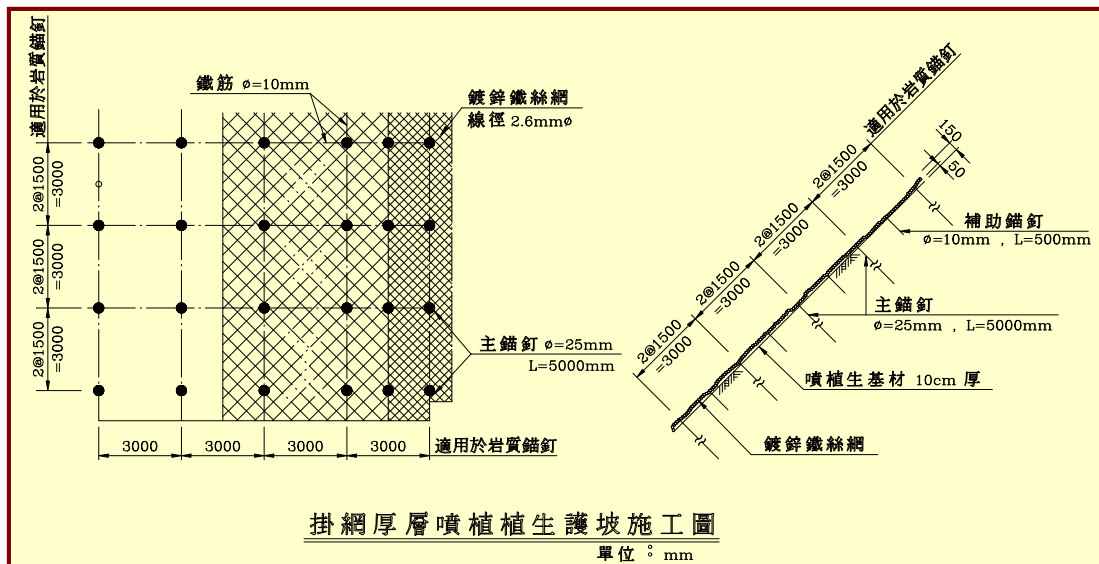
◎近生態工法

(1)噴植型框(格框)－地質穩定、表面地層破碎→坡度 $\theta = 50^\circ \sim 70^\circ$

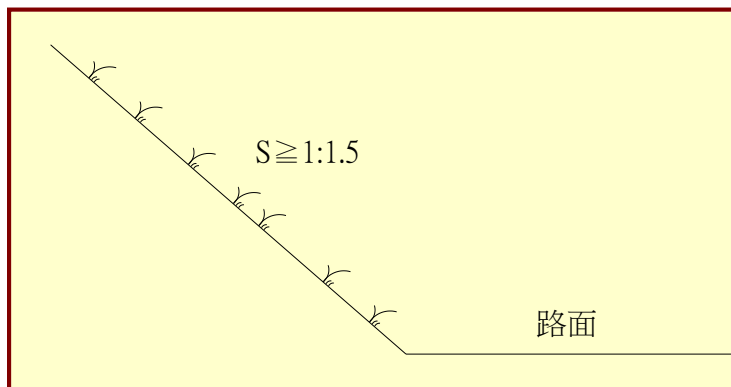


◎工程設計準則

(2) 掛網噴植(厚層) — 地質穩定、表面地層破碎 → 坡度 $\theta = 25^\circ \sim 50^\circ$



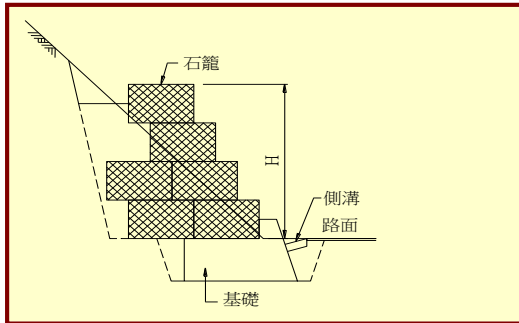
(3) 坡面噴植(草蓆、植生毯) — 緩坡， $S \geq 1:1.5$



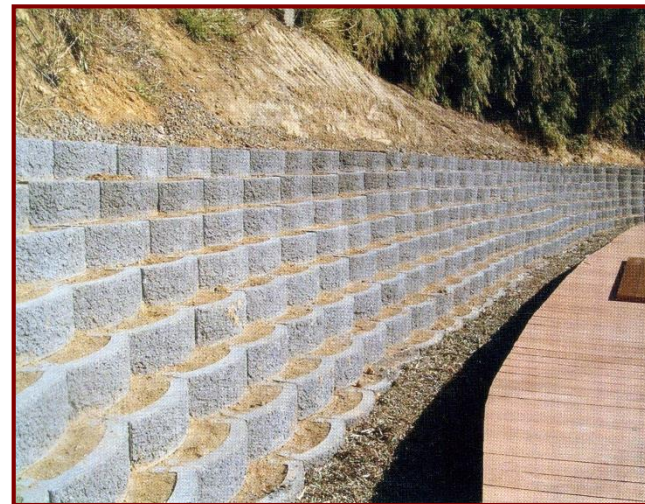
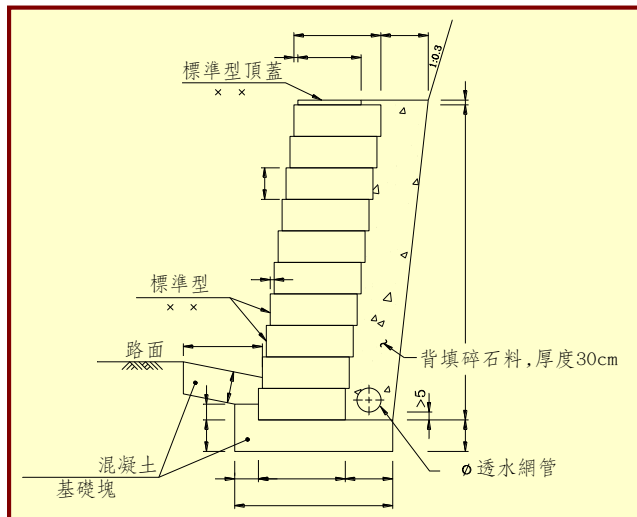
◎工程設計準則

★護坡工程

(1) 石籠(H≤4m)

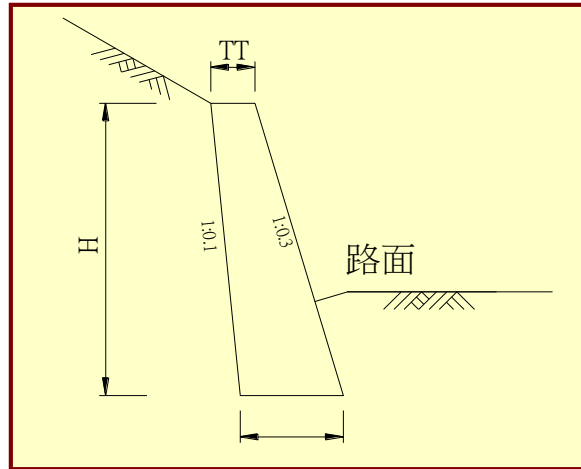


(2) 預鑄景觀混凝土磚(含植草磚)



◎工程設計準則

(3) 擋土牆式護坡—重力式、半重力式、懸臂式



(4) 預力格框(+地錨、岩錨)—地質不穩定、須以大地工程處理



◎工程設計準則

(5) 格框(木格框或鋼筋混凝土格框)－內填塊石



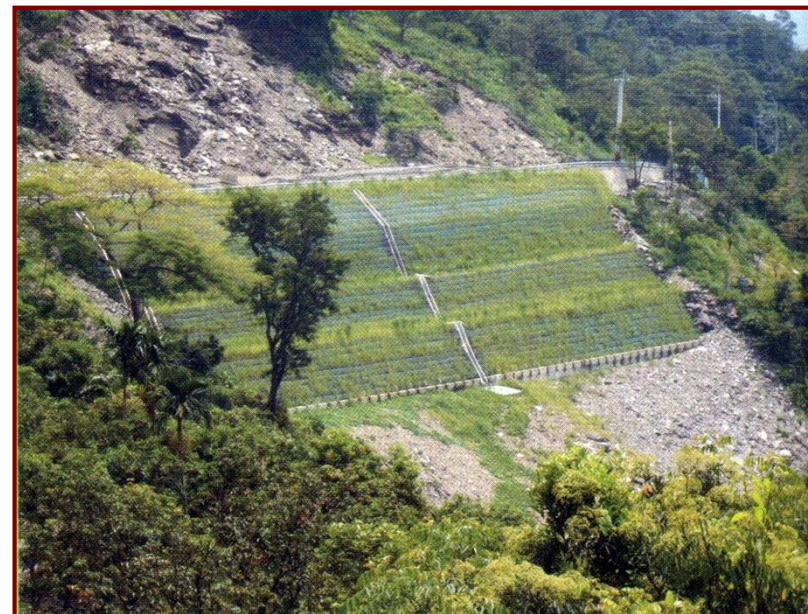
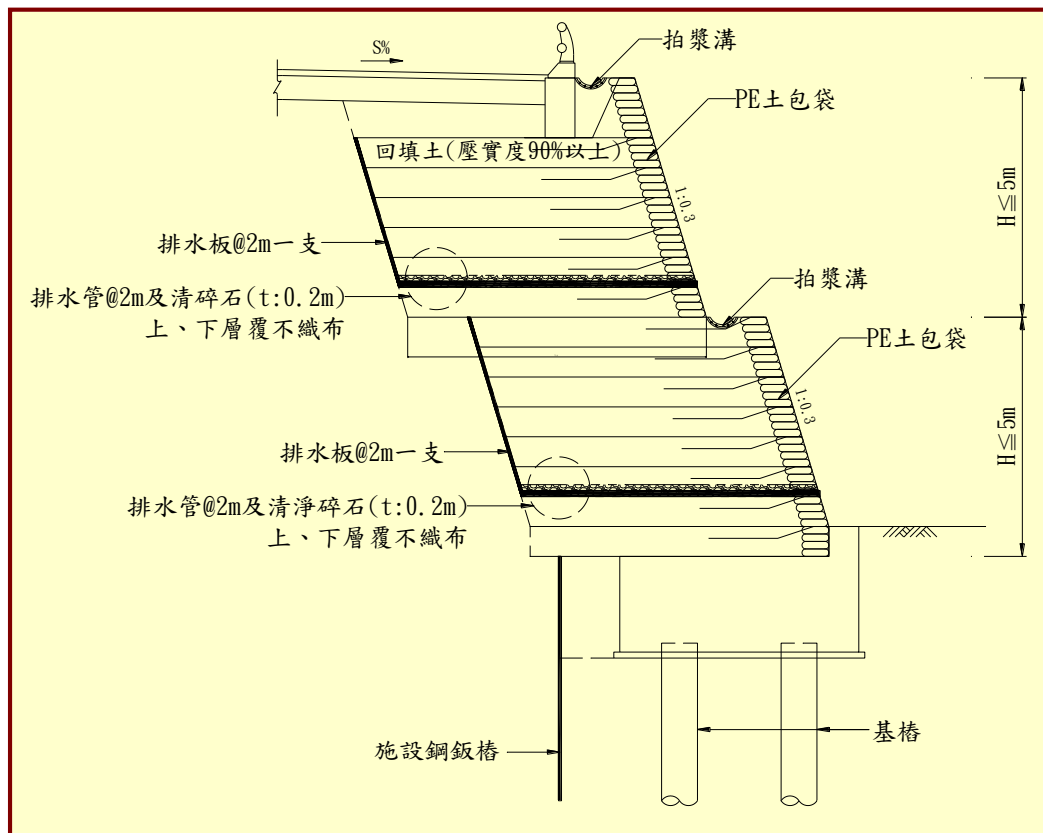
◎工程設計準則

4. 下邊坡處理常用工法

擋土工程之功用為利用擋土牆構造物保護下邊坡穩定。

★近生態工法

(1)加勁擋土牆—重力式設計注意土體排水、基礎穩固



◎工程設計準則

- (2) 掛網植生—崩塌地帶、注意排水
- (3) 鋪草皮—護坡、容易人工接近施工
- (4) 裸露護坡、自然復育



掛網植生

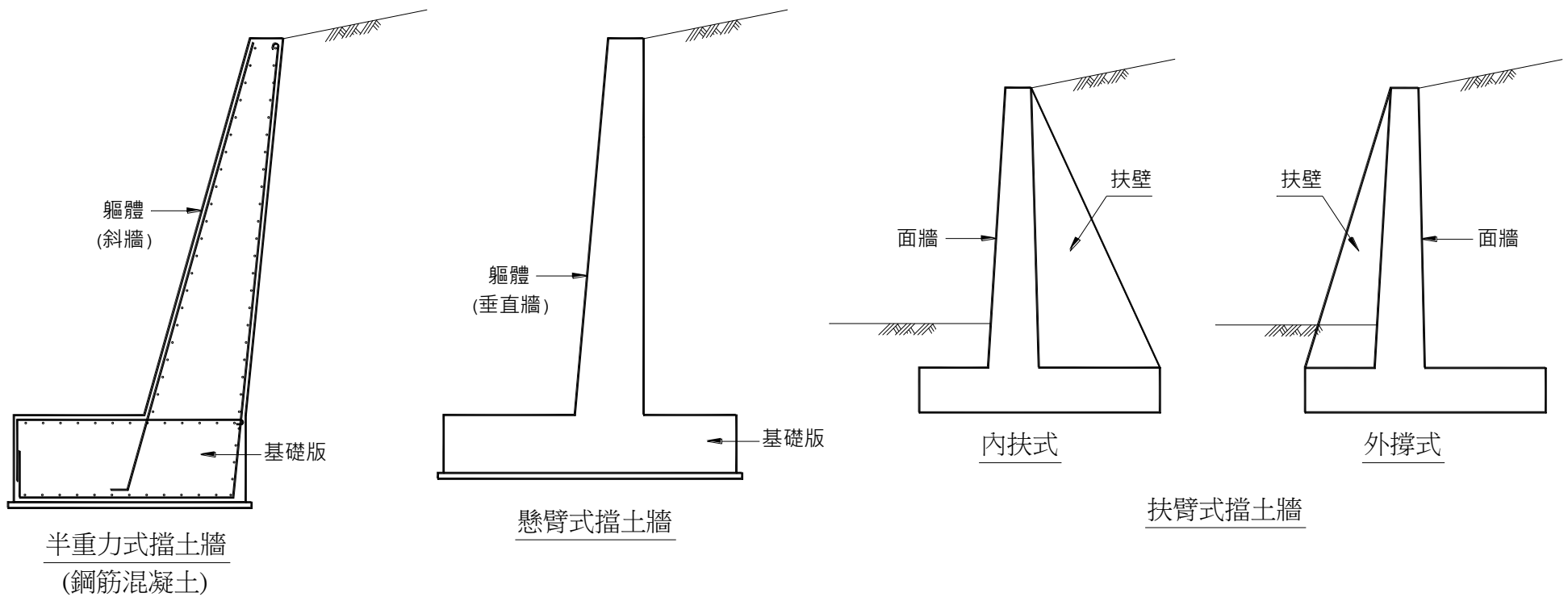
鋪草皮

裸露護坡、自然復育

◎工程設計準則

◎公路橋梁設計規範解說－第六章 擋土牆

6.2 擋土牆型式



◎工程設計準則

◎公路橋梁設計規範解說－第六章 擋土牆

6.2.1 通則

擋土牆之設計應能抵抗包括任何活載重超載在內之土壓力與擋土牆本身之重量，並按上述橋台之有關規定設計之。

6.2.5 溫度鋼筋

除重力式擋土牆外，對未配置鋼筋之暴露面處，應配置縱、橫向鋼筋總面積至少各為 $2.7\text{cm}^2/\text{m}$ ，以抵抗因溫度變化或乾縮所產生之裂縫。

6.2.6 伸縮縫及收縮縫

不論重力式或鋼筋混凝土擋土牆，至少每隔9m應設置一道收縮縫，每隔27m應設置一道伸縮縫。(±20°C，伸縮縫寬度2cm/道)

6.2.7 排水

所有擋土牆應於適當間距配設洩水孔，以作有效之排水。如為扶壁式擋土牆則每二道牆之間，至少應有洩水孔一個。

◎工程設計準則

◎公路橋梁設計規範解說－第六章 擋土牆

6.2.8 牆體穩定度

1. 牆體滑動：擋土牆抵抗滑動之安全係數，於常時載重狀況時應大於1.5，於地震時應大於1.2。
2. 牆體傾覆：擋土牆抵抗傾覆之安全係數，於常時載重狀況時應大於2.0，於地震時應大於1.5。
3. 基礎承载力：擋土牆基礎承载力之安全係數，應按照5.4及5.5節規定辦理之。

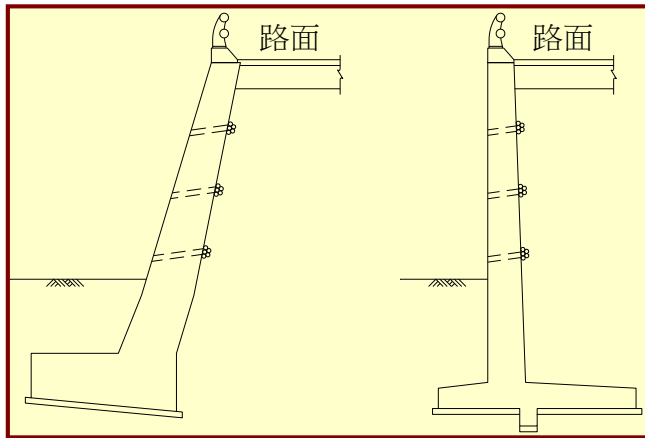
6.2.9 加勁擋土牆

加勁擋土牆一般係由面板、加勁材料及回填材料所組成；面板依構造上之差異大體上可分為：混凝土十字形組合式面板、預鑄疊砌塊体式面板、全高度混凝土預鑄面板、點焊鋼柵、加勁材回包、加勁蛇籠等型式之面板等；加勁材可分為：金屬鋼片、點焊鋼筋(絲)網、土工合成物(包括硬式格網、柔式格網及織物)、玻璃纖維及橡膠等，若採用金屬加勁材須特別注重防蝕處理；回填材料一般為粒狀之砂質土，且不應包含對加勁材有腐蝕性之材料。

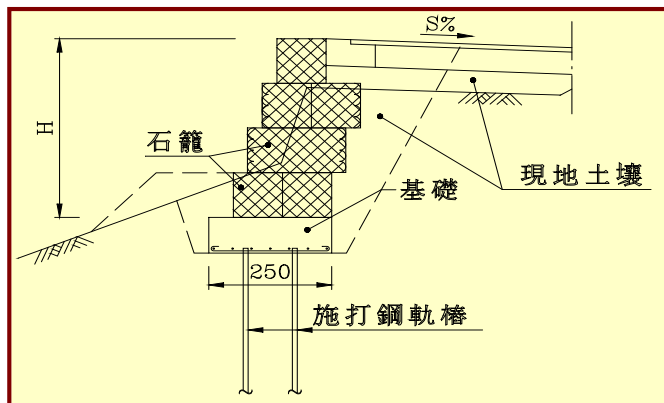
◎工程設計準則

★擋土牆工程

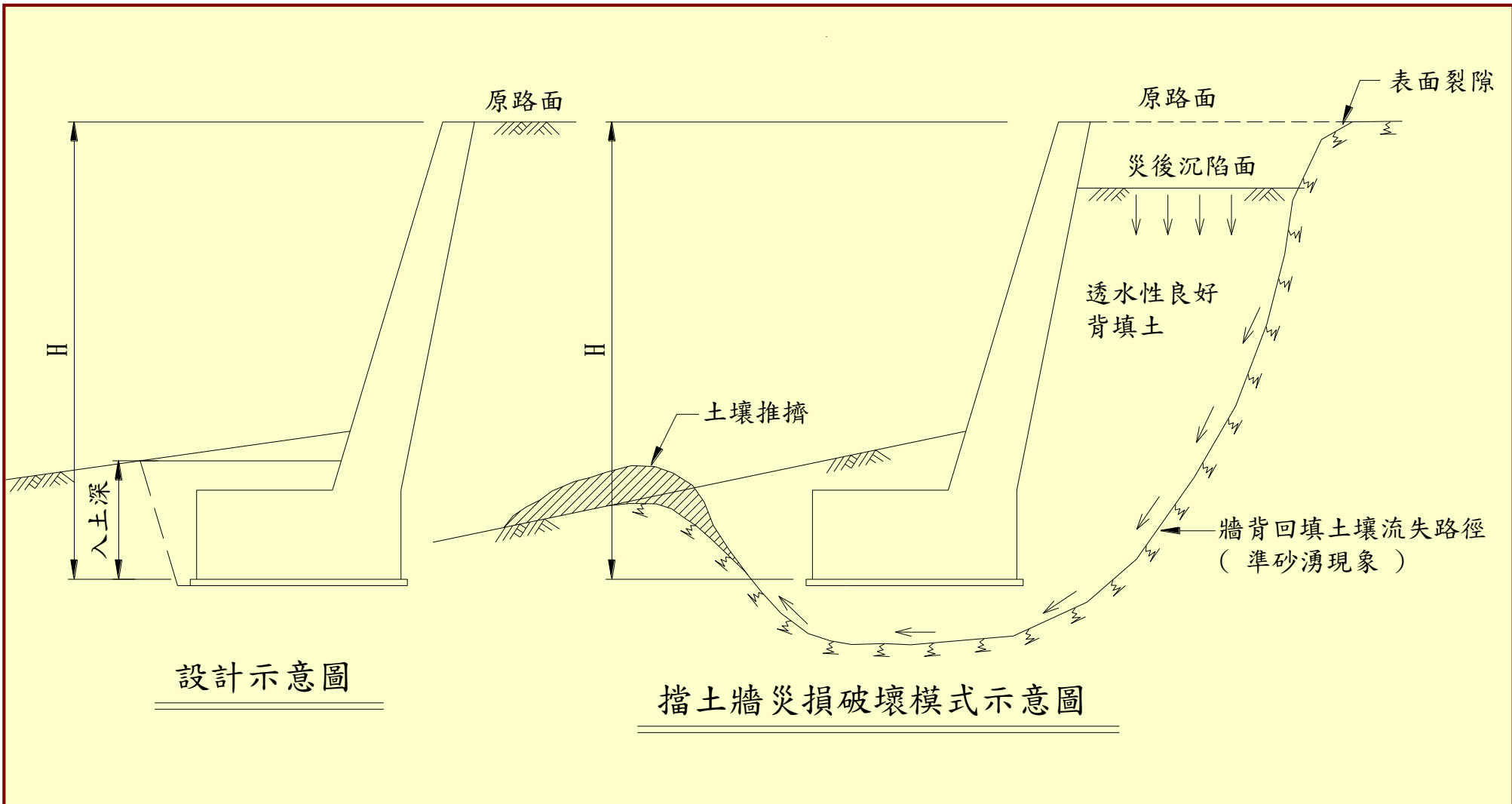
(1) 擋土牆—重力式、半重力式、懸臂式、扶壁式(少用，分層施工不易)



(2) 石籠 ($H \leq 4m$)



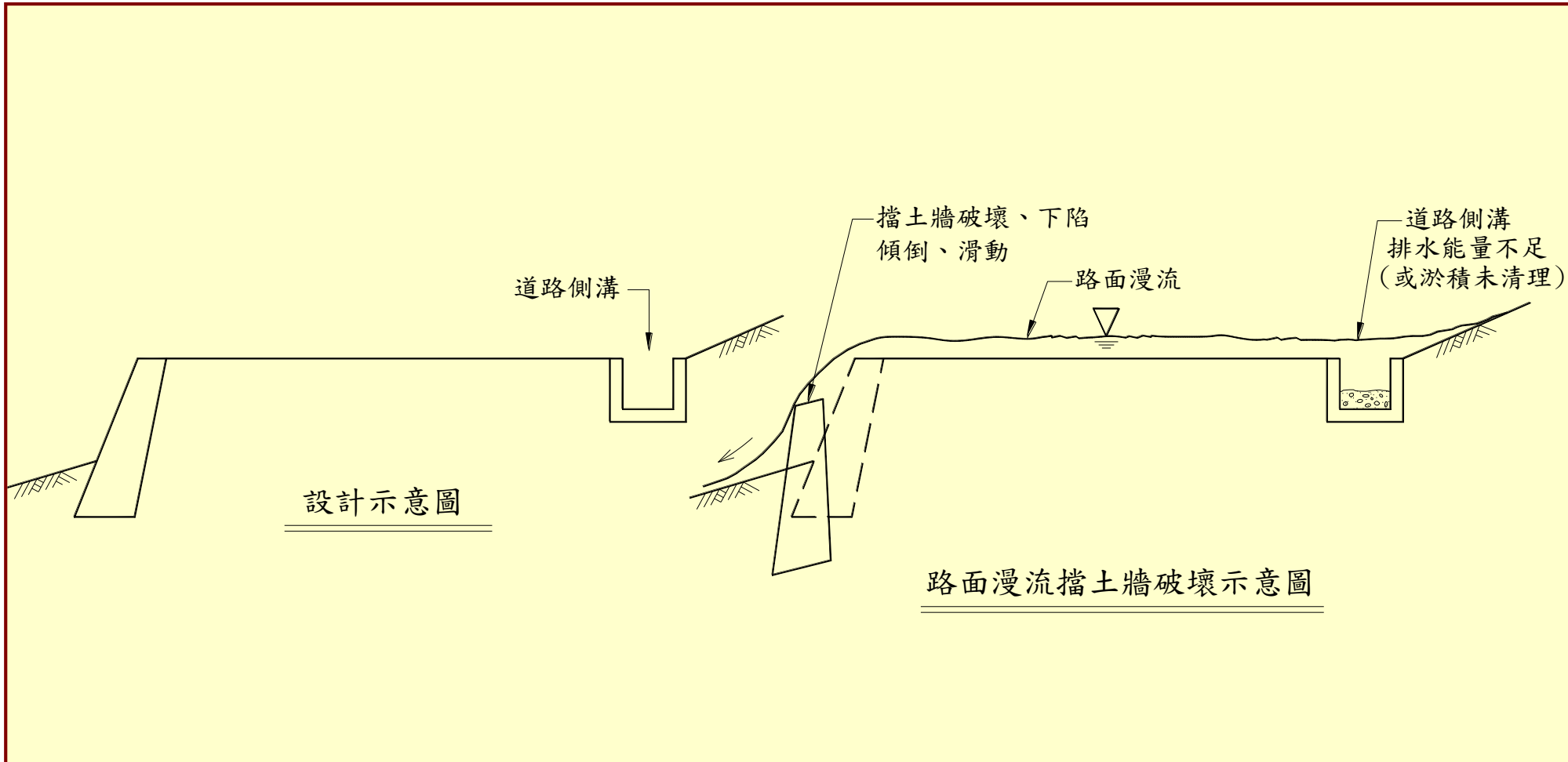
◎擋土牆常見破壞模式(一)



設計示意圖

擋土牆災損破壞模式示意圖

◎擋土牆常見破壞模式(二)



設計示意圖

路面漫流擋土牆破壞示意圖

◎水土保持相關規定

第77條(挖填土石方及餘土處理)

挖填土石方及餘土處理之一般處理原則如下：

- (1)挖填土石方應避免大斷面開挖或填土，並**力求挖填平衡**，以減少餘土及借土數量。餘土不得沿線隨意棄置，應妥善堆置於區外合法土石方堆置場或道路水土保持計畫內之堆土場。區外取土場，應納入道路水土保持計畫內。
- (2)區外設置**合法棄土場及取土場**，應取得目的事業主管機關之同意。工程主辦機關或水土保持義務人，並應負確實追蹤之責任。

◎水土保持相關規定

擋土牆(水土保持技術規範第118條~第121條)

第118條(擋土牆種類及適用範圍)

擋土牆之種類及適用範圍如下：

- (1) 三明治式擋土牆：位於開挖坡面者，其高度在四公尺以下為原則；位填方坡面者，其高度在二公尺以下為原則。
- (2) 重力式擋土牆：其高度在四公尺以下為原則。
- (3) 半重力式擋土牆：其高度在四公尺以下為原則。
- (4) 懸臂式擋土牆：其高度在八公尺以下為原則。
- (5) 扶壁式擋土牆：其高度在十公尺以下為原則。

◎水土保持相關規定

(6) 疊式擋土牆：

- ◎蛇籠(箱籠)擋土牆：適用於滲透水多之坡面或基礎土壤軟弱且較不穩定地區，其高度在四公尺以下為原則。
- ◎格籠擋土牆：適用於多滲透水坡面，其每層高度三公尺以下，總高度六公尺以下為原則。
- ◎加勁土壤構造物：其高度在八公尺以下為原則。

(7) 砌石擋土牆：牆面坡度以緩於一比○·三為原則；砌石長徑均應依序向上縮減，任一砌石(含本身)往上計算之高度均不宜超過該石材長徑之五倍，其有效高以不超過四公尺，且符合下列規定為原則：

- ◎乾砌者，石塊長徑(即牆厚方向)之五倍。
- ◎漿砌者，石塊長徑(即牆厚方向)之六·五倍。

(8) 錨定擋土牆：適用於岩層破碎帶、節理發達或崩塌、地滑地區。

前項擋土牆有效高指露出地面之高度。擋土牆有效高，如經專業技師分析安全無虞者，不在此限。

◎水土保持相關規定

第119條(擋土牆之作用力)

擋土牆之作用力應包括：自重、加載荷重、土壓力、水壓力、地震力及基礎承载力等。

第120條(擋土牆安定條件)

擋土牆設計應依下列規定：

(1)滑動：安全係數採用一·一至一·五。

(如地震1.2，暴雨1.1，平時1.5)

(2)傾倒：穩定力矩必須大於傾倒力矩，合力作用點須符合下列規定：(平時2.0，地震1.2)

◎岩盤基礎：合力作用點必須在基礎底寬之二分之一中段內。

◎土層基礎：合力作用點必須在基礎底寬之三分之一中段內。

(3)基礎之應力必須在土壤容許承载力之內。

(4)牆身所受各種應力，必須在各種材料容許應力範圍內。

◎水土保持相關規定

第121條(擋土牆排水及伸縮縫)

非透水性之擋土牆，應設直徑五公分以上之排水孔，每二平方公尺至少一孔，並應有防止阻塞之設施。在滲透水量多或地下水位高之地區，則應增加排水孔及在牆後設置特別排水設施。

擋土牆長度每二十公尺至四十公尺應加設伸縮縫一處。廢棄物處理場圍貯體所使用之擋土牆，不受前二項之限制。

四、加強邊坡穩定之方法

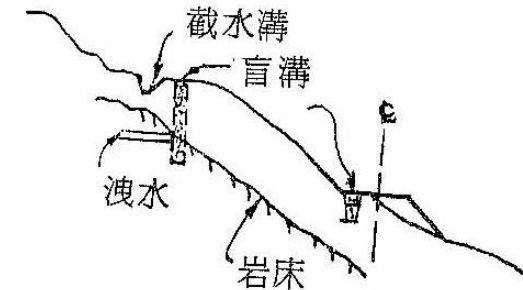
路基邊坡除採用適當之坡度使其穩定外，有時由於地形限制無法採用適當之邊坡坡度，或由於其他原因如地面水或地下水之影響；影響邊坡穩定，則須以其他方法克服解決。如歸納通用方法如下，惟選用方法必須因地制宜，始能奏效。

1. 階梯式邊坡：邊坡高度往往受土質及斜面傾斜度之限制，故邊坡高度超過臨界高度時必須使用階梯式邊坡，以減低下滑力而增加穩定如下圖a所示。在填方狀況，可在坡腳處增築土台，亦可增加邊坡之穩定。如下圖b所示。



◎水土保持相關規定

2. 地面排水法：滑動地區之地面水滲透不但會使土壤含水量增加，土壤剪力強度亦降低，邊坡不易穩定。因此在沿邊坡上方適當位置施設截水溝，盡量排洩於區外，以減少地面水之滲透。
3. 地下排水法：一部份地面水難免會滲透於邊坡或路基內，則須採用地下排水法如設置盲溝等設法將地下水排出，以增加邊坡之穩定。如右圖
4. 板樁法：在坡腳處打入板樁，則崩坍之臨界位置將隨板樁之深度而加深。若土質鬆軟之地域利用打樁可增加土壤之緊密度。此法工程費較昂貴，非特殊情形，多不採用。
5. 種植樹木：在邊坡種植適當樹木可增加穩定，樹木除能吸收水份增強土壤剪力強度外，盤延之樹根亦有增強邊坡之效。
6. 擋土牆工法：此法係利用擋土設施以增強抗剪力使達到邊坡穩定。一般使用擋土牆、駁坎、路床等。
7. 錨碇法：利用岩錨、地錨或岩栓等設施，使邊坡穩定，此法是用鋼線或鋼鍵固定於邊坡內，再施預力、灌漿等步驟。此法工程費最為昂貴且須經常檢測維護，非特殊情形，不予採用。



◎農路設計規範

第三條、農路之修築依地區地形、地質，並考量行車速率、行駛車輛種類及路線交通量，區分有農路一級、農路二級、農路三級、農路四級設計規範。

第十一條、農路等級分類如下：

農路一級：設計速率每小時二十五公里，路基寬度六公尺，最小曲線半徑二十公尺，最大縱坡度為百分之十二之農用道路；其設計規範如附表一。

農路二級：設計速率每小時二十公里，路基寬度五公尺，最小曲線半徑十五公尺，最大縱坡度百分之十二之農用道路；其設計規範如附表二。

農路三級：設計速率每小時十五公里，路基寬度四公尺，最小曲線半徑十公尺，最大縱坡度百分之十五之農用道路；其設計規範如附表三。

農路四級：設計速率每小時十五公里，路基寬度二點五公尺以上未滿四公尺，最大縱坡度百分之二十之農用道路；其設計規範如附表四。

◎農路設計規範

第十四條、為考量既有農路邊坡之穩定，避免為符合規範標準有再度拓寬、改線之行為而造成水土保持處理與維護問題，得依該農路等級，參照下列原則辦理：

- (一) 拓寬改善或部分改線時，縱坡長度限制得放寬百分之五十。
 - (二) 無需辦理拓寬、改線時，縱坡長度限制得放寬百分之一百。
- 農路邊坡之穩定、排水或路面改善，得依原有路線進行改善。

第二十二條、農路路面需處理者，以鋪設水泥混凝土路面為原則，另因應個案環境條件或行車安全前提下，得使用其他鋪面材料。

但有下列情形之一者，應鋪設水泥混凝土路面：

- (一) 山坡地上之四級農路。
- (二) 道路縱坡度大於百分之十。
- (三) 平曲線半徑小於十五公尺。
- (四) 路面排水欠佳。
- (五) 路基軟弱陰濕路段。

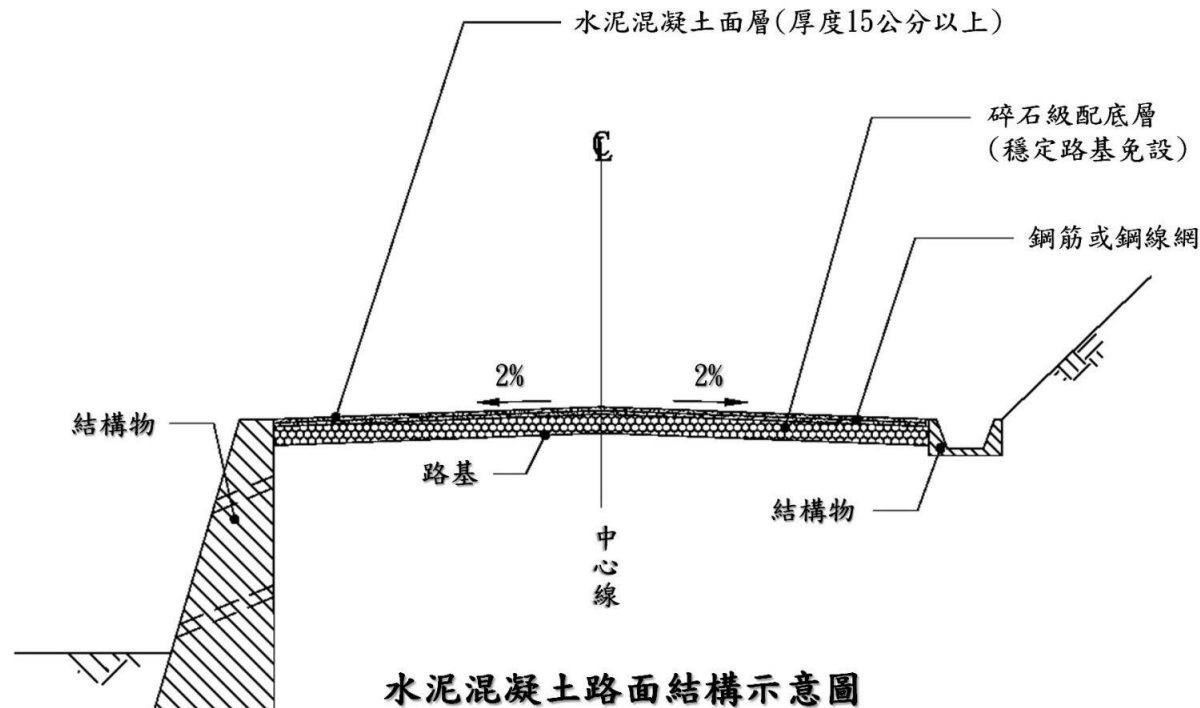
◎農路設計規範

第二十三條、水泥混凝土路面設計規定如下：

- (一)水泥混凝土路面設計厚度，為十五公分以上，並加鋪鋼筋或鋼線網。
- (二)採用混凝土路面設計時，路面伸縮縫處理，其間隔不得大於八公尺；另為考量路面起迄點之銜接，避免造成落差而影響行車之順暢，應依現況與原路面高度銜接平順。
- (三)路基穩定或路基材料為砂、礫石、黏土混合物能壓實者，無需加鋪級配底層，但應視路基情況整平或滾壓；不穩定路基或填方路基或水位高路基，得加鋪級配底層，其厚度為十公分，路基軟弱不穩定路段底層厚度可達十五公分，必要時得增加；底層級配規格從第二十四點第五款規定。
- (四)水泥混凝土路面之混凝土二十八天抗壓強度不得低於 350kgf/cm^2 。另因應高山偏遠地區運輸困難，得使用 280kgf/cm^2 之水泥混凝土。如下：

◎農路設計規範

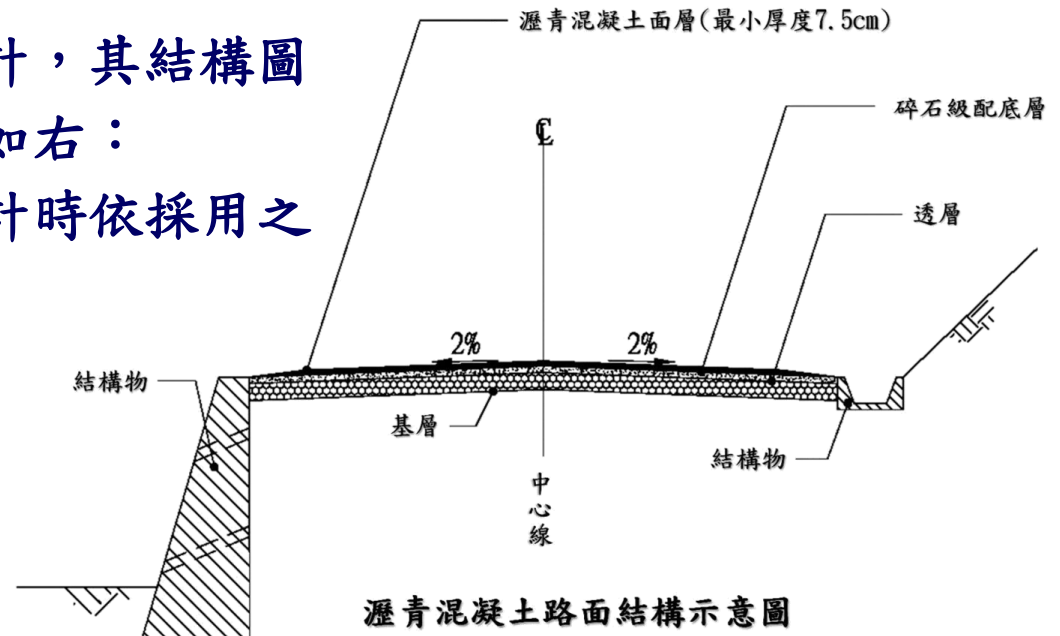
- (五) 有筋水泥混凝土鋼筋用量為 $3.0\sim 4.0\text{kg}/\text{m}^2$ ，間距不得大於三十五公分，設計時參照交通量情形設計之，必要時得增加；惟為便於施工，得採用鋼線網設計，但鋼線直徑不得小於六公厘，間距不得大於十五公分。
- (六) 水泥混凝土路面設計，其結構圖與施工程序剖面圖如下：



◎農路設計規範

第二十四條、瀝青混凝土路面設計規定如下：

- (一) 瀝青混凝土面層之厚度，新鋪設為7.5~10.0公分，加鋪最小厚度5.0公分以上，設計時依農路路基狀況選用之。
- (七) 瀝青混凝土路面鋪設寬度，農路一、二級不得低於四公尺，農路三級不得低於三公公尺，農路四級不得低於二點五公尺為原則，惟為利於路肩之維護及排水，其鋪設寬度得配合底層級配路面寬度鋪築之。
- (九) 瀝青混凝土路面設計，其結構圖與施工程序剖面圖如右：
 1. 結構示意圖（設計時依採用之比例尺繪製）



◎道路工程設計注意事項

1. 民生工程設計尤重安全、功能及耐久維護層面。
2. 路基設計為挖、填土路段時，確認其兩側邊坡，是否在用地範圍內。
3. 路基路面是否符合道路需求(柔性或剛性路面)。
4. 排水問題-設計階段是否調查原有溝渠(尤其進出水口)之維持問題。
5. 擋土牆須標高(展開圖)，其頂面高程應比設計面低1~2.5公分以免路基土壤壓密下沉影響排水，趾部基礎入土深須足夠(一般1.0m~1.5m)。
6. 護坡牆面應儘量採用近生態工程之植生護坡或景觀牆面。
7. 護欄設置於慢車道或路肩上，其填土高達2公尺以上者始予設置為原則，其設置式樣及高度，應視該路段所定之路基寬度而定，惟鄰溝渠段或危險路段，則須予設置。

◎道路工程設計注意事項

8. 人行道車輛上下坡道坡度及淨高，為考慮專供慢車道行駛者之方便，其上下坡度不超過3%為原則，寬度不小於2.5公尺，淨高維持2.5公尺以上為宜。
9. 人行道須設置斜坡道，以供機、慢車出入斜坡道設置間距以10—20公尺開設一道為原則(開設時植樹位置應一併配合)，設置位置應儘量考慮實地情況，如有機車店、設車庫者、修車工廠、車輛出入較頻繁者，應視實際需要選定位置。
10. 道路設計階段事先詳細調查原有居民出入道路是否有替代道路，及原有溝渠(尤其進出水口)之維持問題，以免施工時造成居民之請願陳情且辦理之工程避免平交叉設等之不良情況之影響。
11. 翻修道路時應考慮施工中排水問題，以免積水影響環境衛生。
12. 設計預算及工期是否符合計畫需求？

三、排水工程

◎排水設施設計重現期距

公路排水設施種類	重 現 期 距 (年)		
	國 道	省縣道	鄉 道
路面排水設施			
淺溝及路邊溝	5~10	5~10	2~5
進水口	5~20	5~10	2~5
排水聯絡支管	5~20	5~10	2~5
涵洞	20~50	10~50	5~20
路旁渠道			
排水路(寬度 ≥ 10 m)	20~50	20~50	10~50
排水路(寬度 < 10 m)	10~20	10~20	5~20
平台截流溝及豎溝	5~20	5~20	5~20
滯洪池排水口	5~20	2~10	2~5
滯洪池溢流道	20~50	10~50	10~20
橋梁			
跨中央及直轄市管河川	100 以上	100 以上	100 以上
跨縣(市)管河川	50 以上	50 以上	50 以上
跨區域排水路	25 以上	25 以上	25 以上
跨其他排水路	20 以上	20 以上	20 以上
地下道抽水設施	20 以上	20 以上	10 以上

◎排水工程—側溝(排水溝渠)

◎側溝(排水溝渠)：主要功能—提供道路範圍內之降雨排水。

★設計要點

◎防沖淤考慮

1. 最大容許流速：溝渠設計流速應維持設計流量情況下底床不沖不淤。

排水路材質				最大容許平均流速(m/s)		曼寧公式 採用 n 值	備註
渠底		側坡		V_1 (常流量)	V_2 (計畫流量)		
土質	砂土	土質	砂土	0.5	1.0	0.030~ 0.026	渠底側坡土質
	壤土		壤土	0.8	1.5		
	粘土		粘土	1.2	2.0		
土質 (含砂礫土)		混凝土 砌塊石		2.0	3.0	0.021~ 0.029	渠底土質、側 坡混砌石
		混凝土 塊砌石		2.5	4.0	0.015~ 0.029	渠底土質、側 坡混凝土坡面 工
混凝土		混凝土 坡面工		4.0	6.0	0.014	渠底、側坡均 混凝土工
混凝土		混凝土		4.0	6.0	0.014	渠底、側坡均 混凝土工

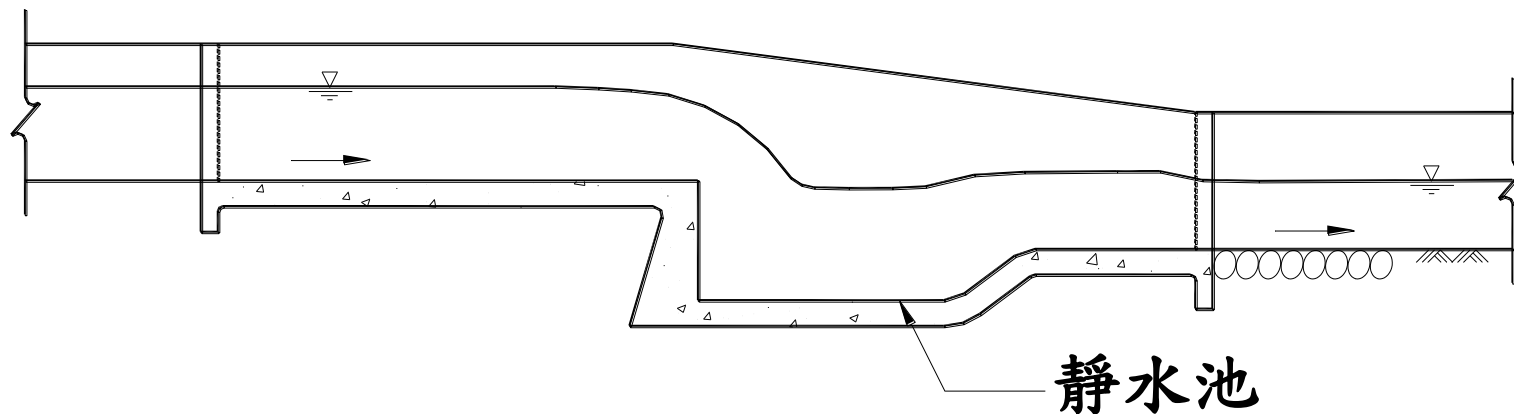
◎排水工程—側溝(排水溝渠)

2. 坡度調整及消能設施

溝渠縱坡過陡，流速過高而有沖刷之虞時，應作坡度調整或設置消能設施。

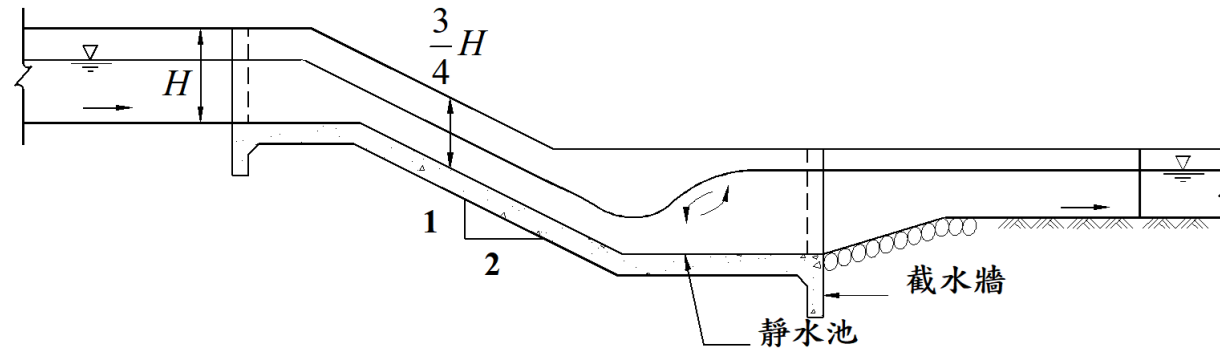
坡度調整及消能設施之型式依上下游流況、單位寬度流量、水頭落差、地形及消能設施特性等因素選用之。

2-1 垂直式跌水—渠道局部落差在3m以下時，設垂直式跌水構造消能。

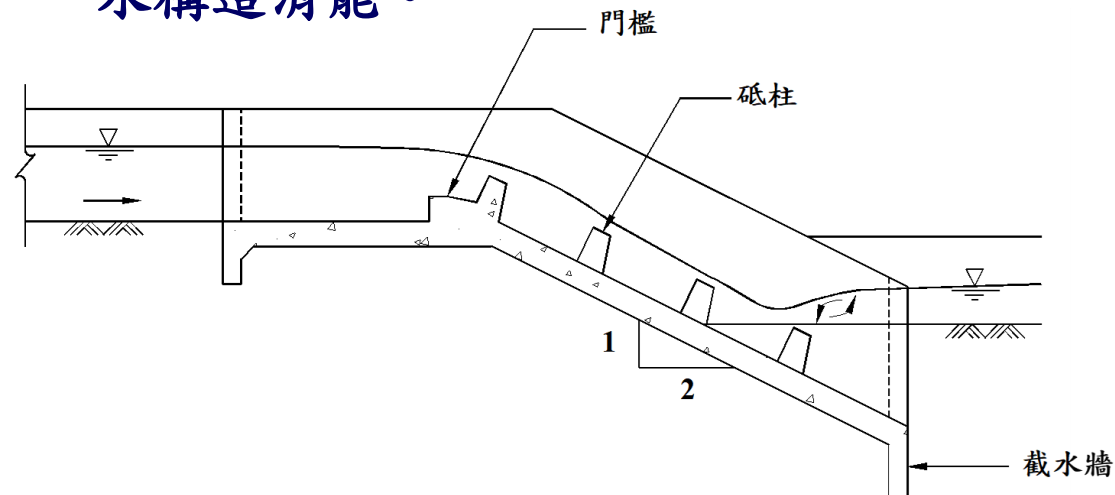


◎排水工程—側溝(排水溝渠)

2-2 斜面式跌水—渠道局部落差在3m以上5m以下時，設斜面式跌水構造消能。



2-3 齒坡式跌水—渠道局部落差大且下游水位不穩定之情況，設齒坡式跌水構造消能。



◎排水工程—側溝(排水溝渠)注意事項

注意事項：

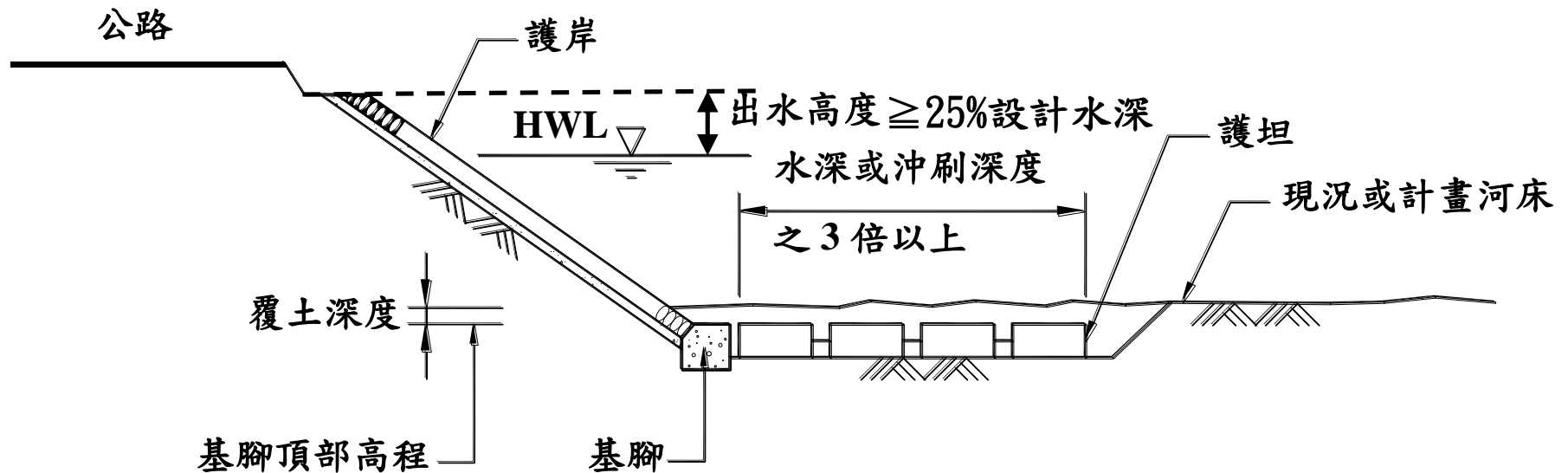
1. 路面之橫向路拱須符合道路設計標準，並配合排水方向調整排水溝底高程。(排水坡度以大於0.5%為佳)
2. 排水溝容量須符合排水需求。
3. 與鄰近排水系統之銜接通暢。(惟不必考量區域排水)
4. 容易清理、維護。
5. 明溝安全措施—鄰近車道或公眾場所之寬深大型明溝、陡槽溝及跌水構造等地點，應設置護欄、警示牌等安全措施。

◎排水工程—護岸

3. 護岸

路堤或渠岸可能遭受水流沖擊破壞之處，應設置護岸，必要時再配合興建丁壩、順壩等設施。

護岸在洪水沖刷下應能自然穩定，其與土壤接觸面間設濾層，每隔適當間距設置排水孔。



◎排水工程—護岸

3-1 基腳頂部高程

應考量該路段河岸底床縱斷面及河床沖刷變化。護岸基腳頂部應有足夠覆土深度。設計水深3m以下者，覆土深度至少0.6m；設計水深3m以上者，覆土深度至少1.0m。

護岸基礎之地質軟弱或河岸沖刷嚴重處，須考慮特別保護。

3-2 護坦

護坦之頂部高程應與護岸基腳頂部同高，應具良好可撓性，其重量足夠抵抗水流拖曳力，鋪設寬度不應小於設計水深或設計沖刷深度之3倍以上。

◎排水工程—箱涵及管涵

◎箱涵及管涵：主要功能—提供道路或叉路橫向排水。

★設計要點

1. 涵洞設計原則

1-1 安全、功能、維護考量

涵洞位置應依照上下游水路之線型關係，考慮排水功能、水流穩定、施工維護、公路整體配合以及交通安全等因素。

1-2 通水涵洞

沼澤低地或寬廣平地之高填土路堤段，於適當距離加設通水涵洞，以避免上游漫地流過度集中，造成路堤受害及上游地區水位壅高。

1-3 涵洞型式選擇

洪泛平原、濱海感潮地區及陡峭坡地等公路橫越水路，應避免採用易受漂流物堵塞及底床易受沖刷之橋涵構造，原則上採用單孔構造物。

◎排水工程—箱涵及管涵

2. 一般要求

2-1 高填土路堤或基礎軟弱地區設置涵洞時，應先預估沉陷時間及沉陷量，決定涵洞埋設高程、需增加涵洞高度或採柔性構造等。

2-2 涵洞進出水口之水位控制宜儘量使涵洞內水流維持明渠流。

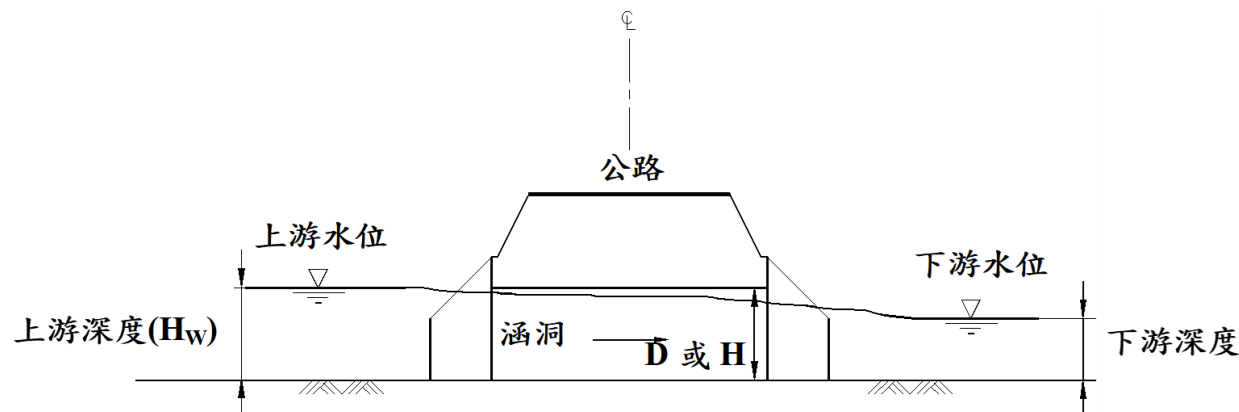
3. 最小斷面—涵洞斷面須考慮清理維護方便，最小斷面依附表。

涵洞種類	最小斷面
管涵	
• 長度小於 7.5 m	
山區	內徑 600 mm
平地	內徑 600 mm
• 長度在 7.5~20 m	
山區	內徑 700 mm
平地	內徑 600 mm
• 長度在 20~50 m	內徑 800 mm
• 長度在 50 m 以上	內徑 1,000 mm
箱涵(淨寬×淨高)	1.0 m×1.0 m
蓋版暗溝(淨寬×淨高)	0.5 m×1.0 m

◎排水工程—箱涵及管涵

4. 出口控制通水能力

流況為出口控制時，涵洞通水能力受上游水位、下游水位以及涵洞之進口幾何形狀、斷面大小、長度、坡度與糙度之影響，利用能量方程式推算。



5. 涵洞進口

5-1 涵洞進口框視水理需要，設置圓邊、方邊、斜切邊、企口或設端牆、翼牆、導流牆。

5-2 涵洞進口上游端水道之底床，可附設斜坡護床，避免洞口淤塞。

6. 涵洞出口

6-1 涵洞出口應視需要，設置端牆、擴展翼牆、漸變段、消能設施及護床設施。

◎排水工程—箱涵及管涵

6-2 消能設施及護床設施之設計，其跌水或水躍現象應符合消能及靜水之水理需求。

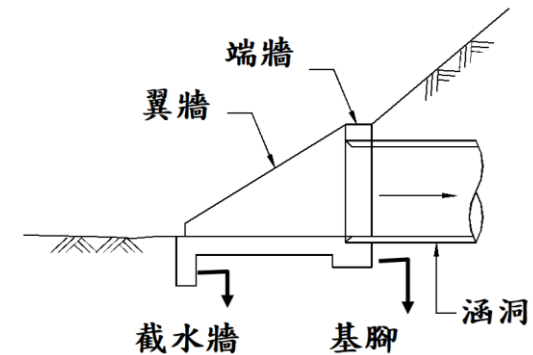
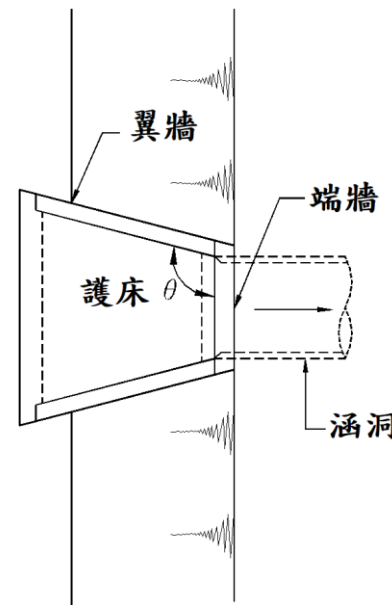
6-3 河水或潮水常浸汎路堤段之涵洞出口，應附設閘門，防止水流倒灌及漂浮物回流。

6-4 端牆

牆頂高度須能封擋路基填土，其頂部應高出涵頂至少30cm以上，牆厚宜大於25cm，基腳應埋入沖刷線以下，端牆長度以能防止堤坡坍塌進出口為度。

6-5 翼牆

翼牆高度比照端牆並依路堤邊坡而定，其線型應配合上下游流路布置。為改善流向，翼牆與端牆夾角(θ)不宜大於 120° 。



◎排水工程—箱涵及管涵

★水土保持相關規定

第78條(道路排水設施)

道路應設邊溝，橫越坑溝或渠道處均應施設排洪斷面足夠之橋梁、箱涵、涵管或過水路面。每隔適當距離應施設一般橫向排水，避免逕流集中。其施設原則如下：

(1)邊溝：

- ◎邊溝坡度應陡於百分之 0.2 ，但山區農路邊溝坡度應陡於百分之 0.5 。
- ◎坡面不穩定、土石易掉落阻塞或清除不易之路段以採用L型側溝為原則。其他路段視情況得採用梯形、U形或矩形側溝，惟寬度及深度最小應三十公分。

(2)橫向排水：

- ◎以每隔一百五十公尺設置一橫向排水設施為原則，並應選擇適當地點設置。
- ◎橫向排水出口處，應有適當之保護及消能設施；必要時應設置排水溝引導至下游安全地帶，以避免路基及下游坡面沖蝕。
- ◎排水管涵縱坡以陡於百分之三且緩於百分之二十六為原則。

◎排水工程—箱涵

◎公路橋梁設計規範解說—第六章 箱涵

6.4 箱涵

6.4.1 設計載重

作用於箱涵之垂直及水平土壓力應依3.3節之相關規定計算之。

6.4.2 基礎板

1. 箱涵之底板須有足夠之勁度及足夠鋼筋量以承載整體結構所傳遞的力量。當箱涵有沖蝕問題時，箱涵兩端應設置護坦或截水牆等結構，必要時箱涵底板與翼牆間必需要有鋪砌。當河床有沖蝕問題時，不可設置隔牆或支柱於未有鋪砌的圓形箱涵底板。此時，箱涵須配置縱向加強鋼筋。
2. 箱涵之基腳應延伸至足夠深度，俾能獲致堅固之基礎，否則須用密佈鋼筋底板使壓力傳佈於結構物整個水平面積內。

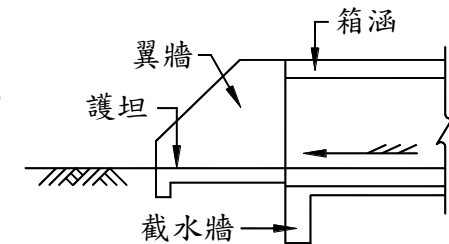
6.4.3 活載重輪重之考量

透過填土之輪重分佈與大小應依4.4節之相關規定計算之。

6.4.4 分佈鋼筋

當覆土深度大於60cm，無須考量集中載重側向分佈所需之配筋。

(否則應依4.3節之相關規定設計分佈鋼筋) $(55/\sqrt{S} \% \leq 50\%$ ，主筋平行於車行方向)



◎排水工程—箱涵及管涵注意事項

注意事項：

1. 排水容量須符合排水需求。
2. 須具足夠之涵底排水坡度(以5~10%為佳)。
3. 兩端施設集水井、消能等配套設施。

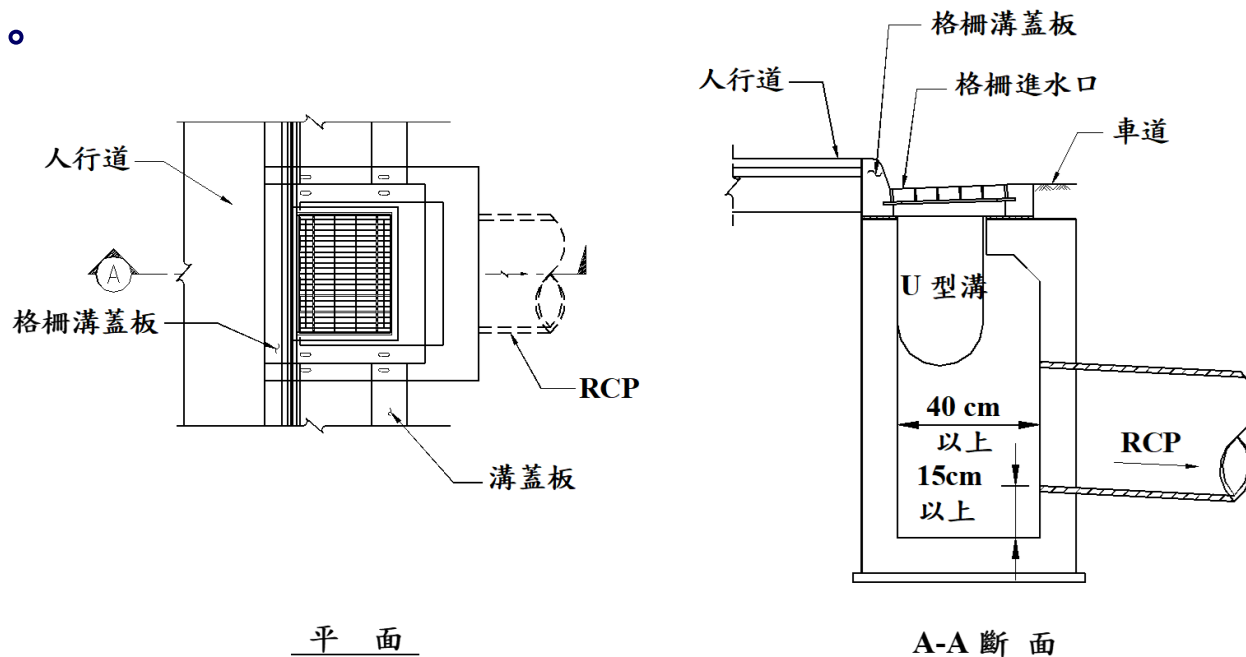
◎排水工程—集水井

◎集水井：

- 主要功能：**1. 道路側溝、暗溝等之尺寸及高程變化處理。
2. 沉淤避免暗管、暗溝堵塞。

★設計要點

1. 為便於地面水流入、水路匯流及淤砂清理，在路邊溝與排水支線適當間距設置集水井。
2. 集水井尺寸視出水路尺寸而定，長度及寬度最小尺寸為40cm，其底部高程至少低於出水路渠底15cm。



◎排水工程—集水井

注意事項：

1. 尺寸：寬度 $>$ 暗溝及暗管外徑。
2. 井底高程：高程低於暗溝及暗管底部20cm以上(清淤考量)。
3. 控制蓋板之強度及變形量(承載重能力)。

◎排水末端處理

集水井、護坦、跌水工、消能池。

四、橋梁工程

◎跨河橋梁(CROSS - RIVER BRIDGES)-橋梁選址考量因素

選址目標：選擇適當之橋梁位置，以節省建造、維護及改建費用，並保持環境的調和。

一. 地形

跨河橋梁地形為道路**路線線型**、**橋梁幾何**、**橋址選擇**之重要因子，其內容包括下述地貌及地物：

1. **地貌**：平面控制、高程控制、等高線測繪。

(1) 河川、堤防、池沼等水文資料。

(2) 公園、水田、旱田、果園、樹林、原野等，並表示其地類界。

(3) 坍地、斷崖、凸凹地、露岩等地貌。

2. **地物**

(1) 鐵路、橋樑、隧道、涵管、水壩等水利設施。

(2) 學校、機關建築、加油站、車站及其他公共設施。

(3) 一般建築物、臨時性棚架。

(4) 紀念碑、廟宇、教堂、墳墓等古蹟或宗教設施。

(5) 變電所、高壓電鐵塔、電桿、電信桿、電燈桿等管線設施。

◎ 路線如沿溪溝、河、海岸佈線時，應向相關主管機關或當地居民查明**最高洪水線**或**最高潮水線**之位置，以作**縱坡規劃**之依據。水利用地應向相關主管機關查明**行水法線位置**，以為**中線規劃**及決定**橋樑長度**之依據。

◎跨河橋梁(CROSS - RIVER BRIDGES)-橋梁選址考量因素

二. 地質

地質調查能提供橋址基礎及鄰近邊坡之**整體穩定**，其內容包括下述地質及環境資料：

1. **土層**：
 - (1)深度、厚度及其變異性
 - (2)土壤鑑識及分類
 - (3)相關工程性質(如：剪力強度、壓縮性…等)
2. **岩層**：
 - (1)岩層頂面深度
 - (2)岩質(如：硬度、節理及裂隙內充填料…等)
 - (3)相關工程性質(如：單軸壓縮強度)
3. **地下水位** 高程
4. **鑽探孔口** 高程
5. 需特殊考慮之**局部性狀況**

三. 河道

1. **天然流況研究**，如有需要局部河流改道或整治，其他足以減少沖刷、保護結構體之措施須予以考慮。
2. 注意**橋梁型式之相稱及配置**，以維持水流順暢及減少壅高，避免引致不當沖刷或主流河道之改變。

◎跨河橋梁(CROSS - RIVER BRIDGES)-橋梁選址考量因素

三. 河道

3. 橋址河道

通水斷面之決定，影響橋梁安全與經濟甚鉅→橋址之水文資料調查為橋梁選址規劃之依歸，通常包括下列項目：

- (1)橋址資料：
- A. 地形圖、河道縱橫斷面、歷年河道空照圖。
 - B. 現有橋梁之完整資料，包括建造日期及過去洪水記錄。
 - C. 高水位痕記及發生日期。
 - D. 漂流物及河道穩定性資料。
 - E. 影響水位之因素：包括由其他河道、水庫、堰、洪水控制設施及潮汐引起之水位變化。
 - F. 河槽歷年地形之變化情況。
- (2)水文分析：
- A. 蒐集適用於估計橋址洪流之洪水資料，包括過去之洪水及記錄上之最大洪水。
 - B. 蒐集橋址河川輸砂量及輸砂能力調查資料。
 - C. 蒐集橋址之洪水頻率曲線。
 - D. 決定結構設計上所需要之橋址洪流分佈及流速。
 - E. 蒐集橋址處之水位-流量曲線。

◎跨河橋梁(CROSS - RIVER BRIDGES)-橋梁選址考量因素

三. 河道

- (3)水利分析：
- A. 計算橋墩之迴流壅高及平均流速。
 - B. 估計擬建橋梁之橋墩及橋台最大可能沖刷深度。
 - C. 河道天然地形之改變對擬建橋梁之影響。
 - D. 考量擬建橋梁附近之地形變化。

(4)通水斷面考量(橋墩柱間之淨斷面積)

- A. 應能排洩河川重現期流量之**設計洪水量**，以符合公路型式及等級功能需求。
- B. **通洪能量**、漂流物、橋梁基礎可能沖刷。
設計流量採用**餘裕考量**：當洪水超過設計流量或超量洪水可能導致附近財物遭受重大損害或重要結構物之損失時，宜採用較大之通水斷面。
- C. **防制沖刷**：橋墩基礎周圍有沖刷之虞者，應依橋址所在區域內之水文、地文、水力及橋梁結構幾何資料等予以妥適考量，作為沖刷深度評估之依據。橋墩設計適當加深基礎深度或考量其他沖刷設計(水利措施或導流水工設施)。

◎跨河橋梁(CROSS - RIVER BRIDGES)-橋梁選址考量因素

三. 河道

D. 橋梁結構物附近受**侵蝕**之堤岸需適當保護(設置拋石、柔性墊料、阻滯物等水工設施)。

E. **河道範圍借土區**：應避免設於增加流速及可能沖刷橋梁範圍內。

(5)橋墩間距、方位與型式

A. 應配合環境需求，並應與橫交設施之主管機關協調。

B. 橋梁與河道橫交時，橋墩位置應：

(a)符合航道淨空需求。

(b)儘量減少對洪流之阻礙。

(c)橋墩設置之水位一般應與洪水水流方向平行，規劃時仍須考量可能因河道變遷或水流偏向時所造成之束流，以及與墩基形成攻角效應所產生之沖刷量。

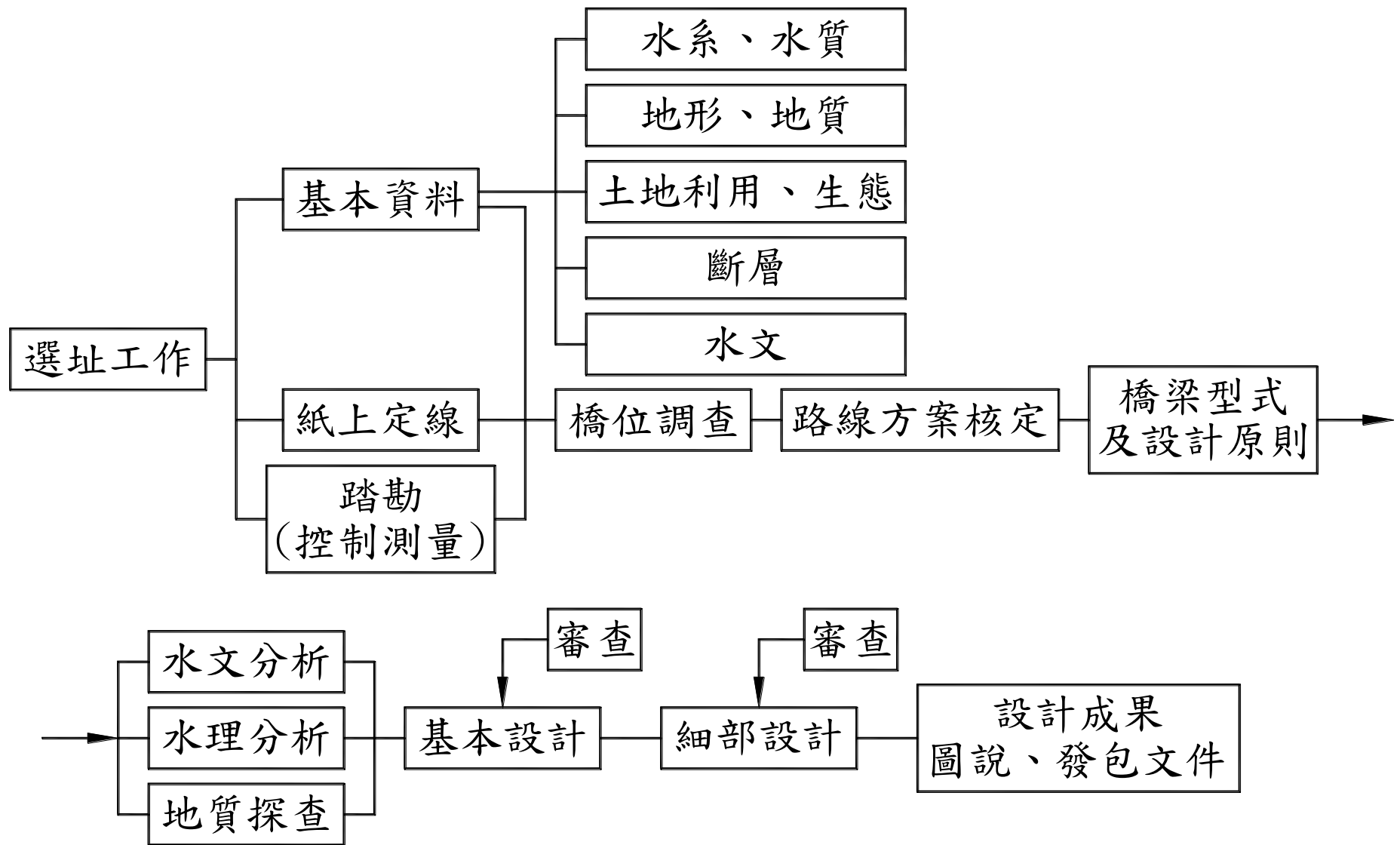
C. 減少洪流或漂流物影響→宜加大跨徑，垂直淨空並選用適當橋墩型式。

◎跨河橋梁選址要點-橋梁規劃選址相關規範

1. 公路路線設計規範，交通部民國108年9月20日頒佈
2. 公路橋梁設計規範，民國104年4月13日頒佈
3. 公路排水設計規範，民國107年2月6日頒佈
4. 經濟部101年9月7日頒佈之「申請施設跨河建造物審核要點」
5. 交通部公路景觀設計規範，民國96年12月13日交通部頒佈
6. 交通部公路工程施工程規，民國104年11月25日頒佈

◎跨河橋梁選址要點-橋梁規劃設計流程圖

橋梁選址考量要點



◎跨河橋選址要點-經濟部申請施設跨河建造物審核要點

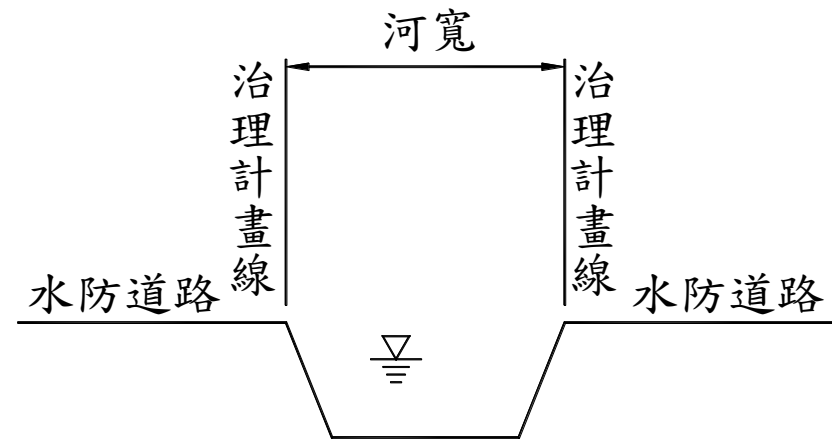
★ 橋墩施設規定

1. 避免於下列位置設墩：

- (1) 河寬突縮處
- (2) 河川河流點
- (3) 河道彎曲處
- (4) 洪流時流向與低水河槽不平行河段
- (5) 河床坡度變化較大時

條文規定(第五條)

- (1) 不得設置於堤前坡及水防道路上
- (2) 設置於堤防堤前坡趾二十公尺內或低水河槽岸邊兩側二十公尺以內（包括河床及高灘地）時，應設置必要之保護河防安全措施。
- (3) 橋墩(中心)跨距不得小於**四十公尺**為原則，但因地形等特殊因素限制，不在此限。
- (4) 橋墩長軸應與計畫洪流方向平行為原則。但河川之低水流路與計畫洪流方向不一致時，橋墩宜採**圓柱形**。



◎跨河橋選址要點-經濟部申請施設跨河建造物審核要點

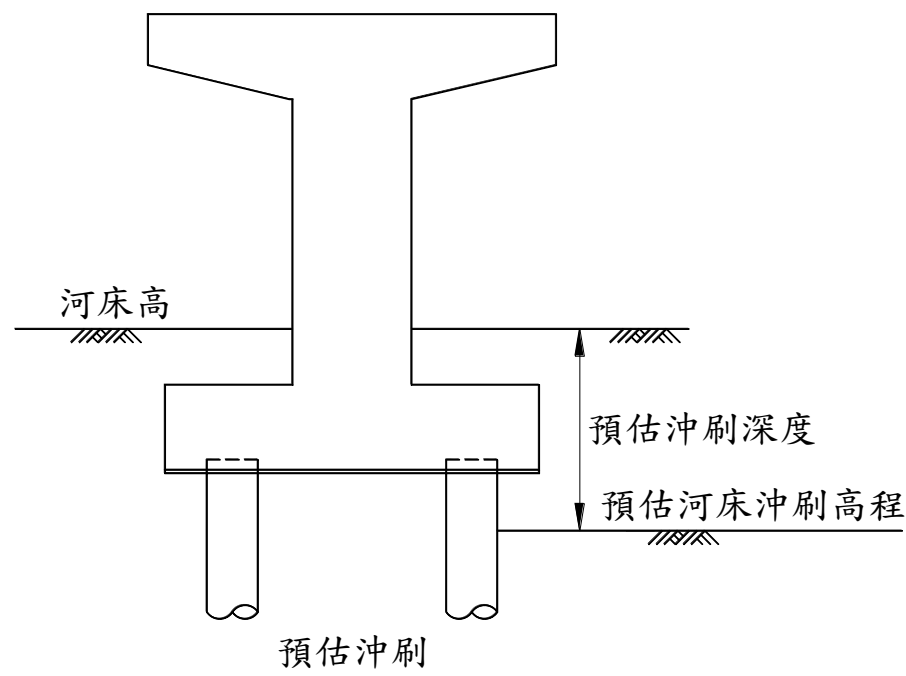
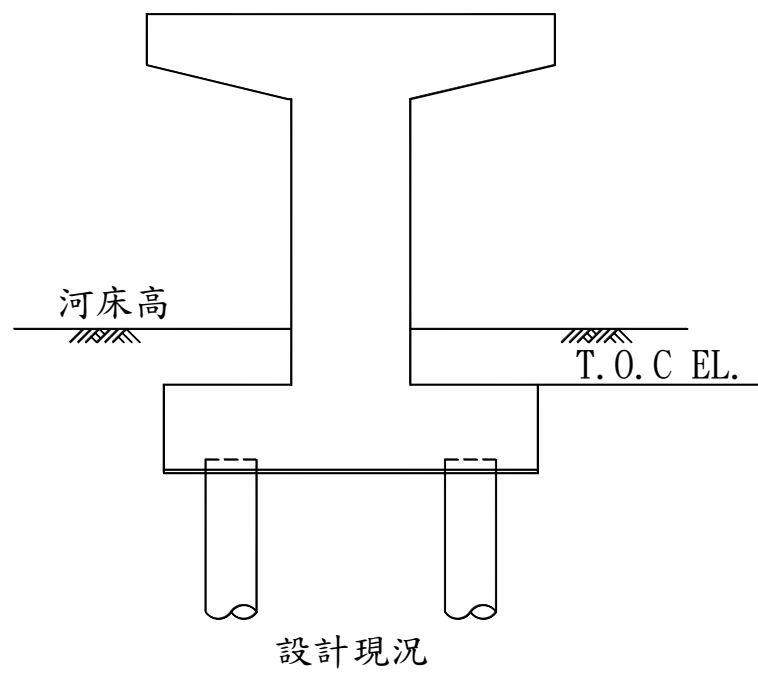
★ 橋墩施設規定

2. 橋墩底部高程：(第六條)

橋墩基礎頂部高程設計應參考河床一般沖刷、局部沖刷深度及河川變化等因素妥為考量，其高程應低於實際河川斷面最低點及計畫河床高。

3. 基樁深度及基礎容許沖刷深度：

參考河床歷年演變情形、最大可能沖刷深度，設計基樁長度。



◎跨河橋選址要點-經濟部申請施設跨河建造物審核要點

★ 橋台施設規定(第四條)

1. 橋台不得設置於水道治理計畫線內及水防道路上。
2. 橋台施作於堤防用地時，應採取適當之保護措施，以防鄰近堤防設施破壞。
3. 橋台施設於河岸或與堤身共構者，其橋臺前岸與上、下游兩端應依規定設置河岸或堤防保護工。

◎跨河橋選址要點-經濟部申請施設跨河建造物審核要點

申請施設跨河建造物使用河川許可規定(第三條)

申請施設、改建、修復跨河建造物應提出申請書，並檢附下列書件。但跨河建造物於水道治理計畫線內未設墩者，免附第三款書件：

1. 計畫書(計畫名稱、位置、範圍、緣由、概要、權責單位、施工及使用期限)

2. 設計書圖

3. 經專業技師簽證之河防安全影響評估報告

(1) 河川特性調查分析：分析範圍內與水理分析相關之河川資料，並研判其適用性，至少包括所屬流域及該流域之面積、各重現期流量、河道坡降、河川平面型態、河川橫斷面特性(河槽型態)、河床質粒徑、流路變遷及河道沖淤變化分析等。

(2) 水理分析模式

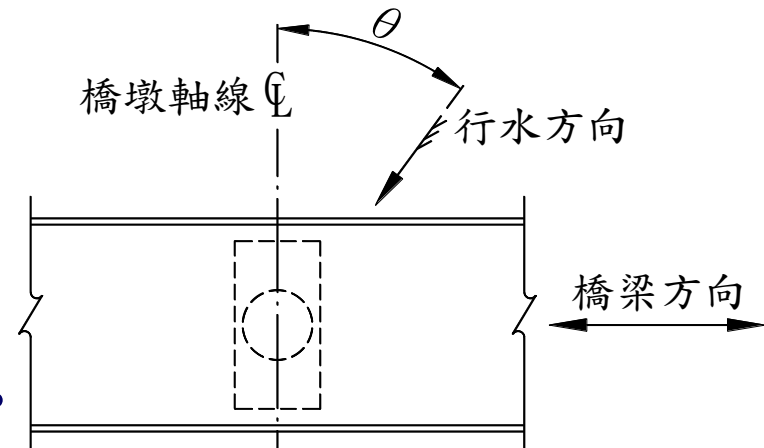
4. 施工計畫及環境影響說明書件

◎跨河橋選址要點-經濟部申請施設跨河建造物審核要點

水理分析模式(河防安全影響評估報告)

1. 水理分析可採用交通部頒布【公路排水設計規範】之「附錄R橋梁壅水高度估算參考公式」及「附錄S橋基沖刷深度估算參考公式」所列經驗公式估算或採用數值模式估算。
2. 有下列水理條件特殊情形之一者應採用二維水理數值模式進行水理分析：

- (1) 橋墩軸線與兩岸行水區域線或尋常洪水位行水區域線之銳角夾角大於七十度者。
- (2) 位於河寬突縮或突擴處。
- (3) 位於河川合流處。
- (4) 位於河道彎曲處。
- (5) 位於洪流時流向與低水河槽不平行河段。
- (6) 設置地點其上、下游河段之土地利用狀況複雜有干擾水流流向處。



◎跨河橋梁選址要點 橋位及橋長

橋梁長度不得小於河川治理計畫線或河川水區寬度；無河川治理計畫線或行水區寬度未公布者，應協調主管機關決定之。

◎跨河橋梁選址要點-跨河橋梁底淨高(公路排水設計規範)

出水高度：

指排水設施設計水位至設施構造物頂版底或岸頂之間，所須維持之最小空間高度，須依排水設施種類、流量大小、通航條件、漂浮物及有關規定決定之。

梁底淨高：

指梁底最低高程與設計水位間之最小梁底淨空，應考慮水路出水高度、橋梁沉陷量、橋址河床長期淤積趨勢或通航所需高度，協調有關主管機關決定之。

橋梁最小梁底淨空

水路種類	最小梁底淨空(公尺)
主要河川	1.5
次要河川	1.2
普通河川	1.0
其他水路	0.8

- 註：1. 主次要普通河川之分類依主管機關規定。
2. 有關主管機關另有規定者，從其規定。
3. 通航水路另從其規定。

五、路基路面工程

◎道路工程

◎路基、路面：

主要功能：

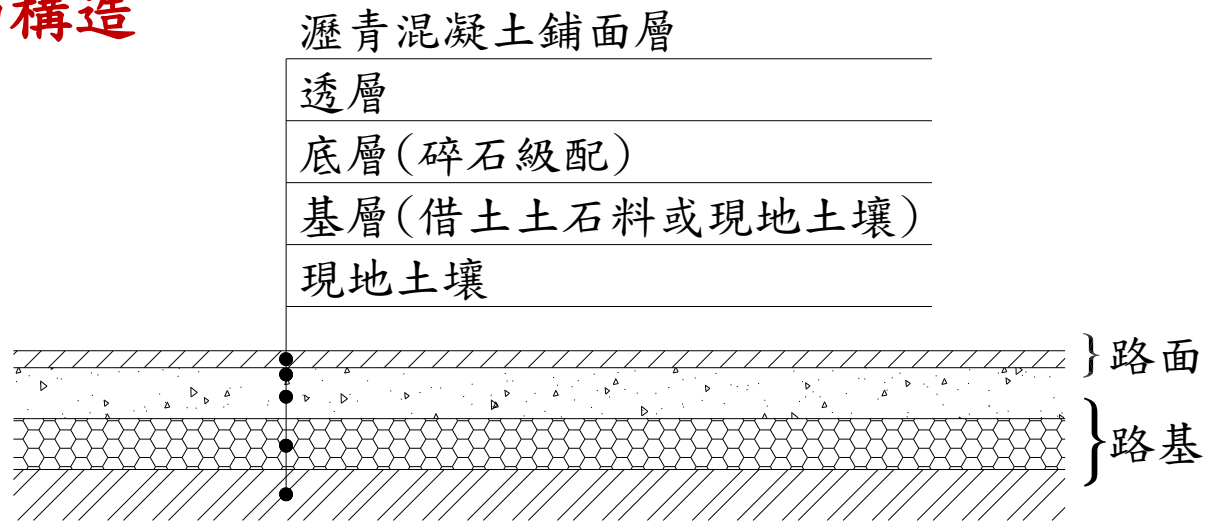
1. 提供車輛通行必要之承載力。
2. 提供路面平坦度、控制路面沉陷量。
3. 提供路面排水及行車舒適性。

注意事項：

1. 路面路基設計須符合交通量及通行車種需求。
2. 路基級配料、壓密度及路面壓實度須符合規範要求。

◎工程設計準則

★柔性路基路面構造



路基路面構造示意圖

「路基」係於地面上鋪築鋪面之前施設之堅實基底層。

其材料包括一般土石料、級配料等構成。

★柔性鋪面(瀝青混凝土)結構設計

設計方法有下列兩類，以決定路面及路基設計厚度：

A. 路面結構厚度設計(路基土壤R值法)

B. 路面結構厚度設計(路基土壤CBR法)

◎ 柔性鋪面結構設計 (交通部頒柔性鋪面設計規範及設計手冊)

路基土壤取樣及試驗

1. 取樣位置

(1) 取樣位置：

取樣前要先查看地質圖或工程圖說，以確定工程沿線之路基屬於路堤(填方)、路塹(挖方)或既有之地面。其取樣位置分別為：

◎路堤：借土區。

◎路塹：預定開挖後表面下0至50cm。

◎既有地面：在原地面下50至100cm。

(2) 取樣個數：依據各工程單位設計標準之規定取樣，每種土壤原則上最少要取6個(含)樣品以上。

(3) 試驗項目與方法：

路基土壤試驗項目與方法

試驗項目	試驗方法			取樣重量 (kg/個)	用途
	CNS	AASHTO	ASTM		
R 值試驗	12383	T190	D2884	20	求路基土壤強度
加州承載比試驗(CBR)	12382	T193	D1883	21	

註： M_R 試驗亦可依據 AI MS-10 1993 年版方法

(4) 依交通設計當量計算路基設計值。

◎ 柔性鋪面結構設計 (交通部頒柔性鋪面設計規範及設計手冊)

路面結構厚度設計 (路基土壤R值法)

1. 依路基土壤厚度之選擇

(1) 路基設計厚度之選擇

路基土壤取樣之頻率大約為40~150m採取一處，並做R值試驗供設計各該地點之設計厚度，因各地點土質不同，所設計之厚度並不一致。為施工方便應該施工路段劃分為若干厚度均一區段。其方法可將施工路段依設計厚度較相似者分為若干段，每段包括6~10點，依下列方法求各分段均一的設計厚度。

分路段之均一設計厚度（或R值）為分段內之設計厚度（或R值）等於或大於分段內各點厚度之總數60、75或87.5%時之厚度。其各種程度之百分率依交通量有關，如附表。

附表 分段之均一設計厚度(或設計 R 值)

交通情況(T1)	均一設計厚度佔分段內各點厚度數之%
5.0 以下	60%
5.1~9.0	75%
9.0 以上	87.5%

◎ 柔性鋪面結構設計 (交通部頒柔性鋪面設計規範及設計手冊)

計算例：某一路段路基土壤經 R 值試驗結果，分為若干分段，其中一分段之各點設計厚度如下，求本分段之設計厚度

樁號	設計厚度	樁號	設計厚度
0K+000	66(cm)	0K+400	61(cm)
0K+100	53	0K+500	86
0K+200	53	0K+600	50
0K+300	61	0K+700	50

將各樁號之設計厚度值，由小至大依序排列，並求其所佔分段內各點厚度之百分率，如下：

各點設計厚度(cm)	出現次數	累積出現次數	累積出現次數百分比
50	2	2	25%
53	2	4	50%
61	2	6	75%
66	1	7	87.5%
86	1	8	100%

◎ 柔性鋪面結構設計 (交通部頒柔性鋪面設計規範及設計手冊)

由以上資料繪製設計厚度與該厚度所佔數量累積百分比關係
曲線(累積相對次數分配圖)如圖 1。

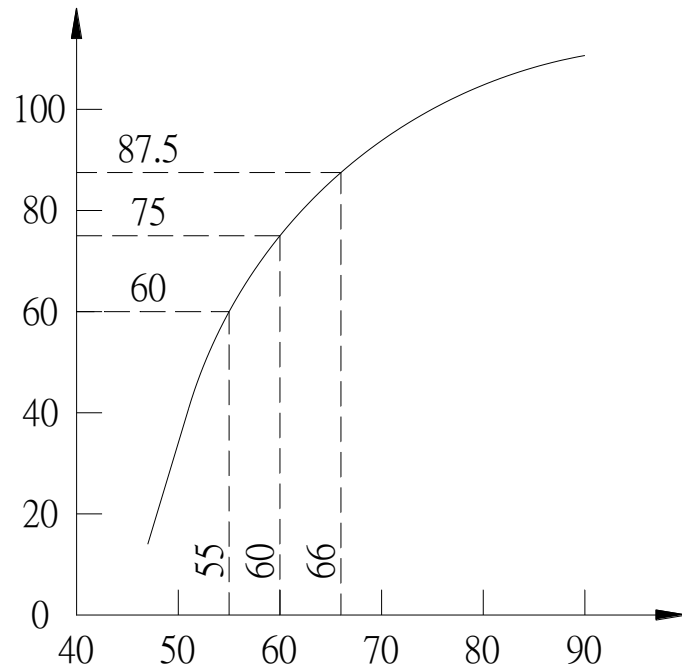


圖 1 設計厚度累積相對次數分配圖

(圖中橫座標亦可改用 R 值表示)

由該圖求得該分區段之設計厚度為

若 $TI=5.0$ 以下時為	55cm
$TI=5.1\sim 9.0$ 時為	60cm
$TI=9.0$ 以上時為	66cm

即該路段(OK+000~OK+700)設計厚度採均一值，俾使施工方便，品質控制亦容易，雖有一點冒險率，但比其優點，不足以道。

※ (R 值試驗之設計路面厚度及因膨脹所需厚度分別按上述分析法求 A.C 及碎石級配厚度，兩者比較取大值。)

◎ 柔性鋪面結構設計 (交通部頒柔性鋪面設計規範及設計手冊)

路面結構厚度設計 (路基土壤CBR法)

某道路工程CBR試驗結果得到三個CBR值分別為：

$$B1 (3K+500) \quad CBR (\%) = 16.46$$

$$B2 (4K+500) \quad CBR (\%) = 14.95$$

$$B3 (5K+500) \quad CBR (\%) = 15.48$$

1. CBR試驗值 $n=3$

$$X1 = 16.46 \quad X2 = 14.95 \quad X3 = 15.48$$

2. H_0 ：無極值 H_1 ：有極值

$$3. \alpha = 0.05 \rightarrow \gamma_{0.05} = 0.941 \quad \alpha = 0.01 \rightarrow \gamma_{0.01} = 0.988$$

4. 將試驗值依大小順序排列：

$$14.95 \quad 15.48 \quad 16.46$$

$$(1) \gamma_{10} = (X_3 - X_2) / (X_n - X_1) = (16.46 - 15.48) / (16.46 - 14.95) = 0.649$$

$$\rightarrow \gamma_{10} < \gamma_{0.05} \text{ 無極大值}$$

$$(2) \gamma_{10} = (X_2 - X_1) / (X_n - X_1) = (15.48 - 14.95) / (16.46 - 14.95) = 0.351$$

$$\rightarrow \gamma_{10} < \gamma_{0.01} \text{ 無極小值}$$

◎ 柔性鋪面結構設計 (交通部頒柔性鋪面設計規範及設計手冊)

路面結構厚度設計 (路基土壤CBR法)

$$5. n=3 \quad c=1.91$$

$$\begin{aligned} \text{設計CBR} &= \text{各點平均CBR} - (\text{CBR最大值} - \text{CBR最小值}) / c = \\ &= (14.95 + 15.48 + 16.46) / 3 - (16.46 - 14.95) / 1.91 = 14.839 \text{ 採用} \\ &\text{CBR} = 14.8 \end{aligned}$$

$$6. \text{路寬} 15\text{M}, \text{DTN} = 5000 \text{ (目標年20年)}, \text{CBR} = 14.8$$

$$\text{查表} TA = 21.5\text{cm} \quad \text{所需之瀝青混凝土總厚度} 21.5\text{cm}$$

$$7. \text{採用設計AC面層厚} 10\text{cm}, \text{則碎石級配料厚度至少為 } (21.5 - 10) \times 3 = 34.5\text{cm}$$

$$8. \text{現有道路AC厚} 10\text{cm} \text{碎石級配} 42\text{cm}, \text{路面已嚴重破壞, 建議提高設計標準為 } TA = 21.5 \times 1.3 = 27.95 \rightarrow 28\text{cm}$$

$$\text{AC厚} 10\text{cm}、\text{碎石級配料厚 } (28 - 10) \times 3 = 54 \text{ 選用} 55\text{cm}$$

$$\text{或AC厚} 12.5\text{cm}、\text{碎石級配料厚 } (28 - 12.5) \times 3 = 46.5 \text{ 選用} 50\text{cm}$$

◎ 柔性鋪面結構設計 (交通部頒柔性鋪面設計規範及設計手冊)

路面結構厚度設計 (路基土壤 CBR 法)

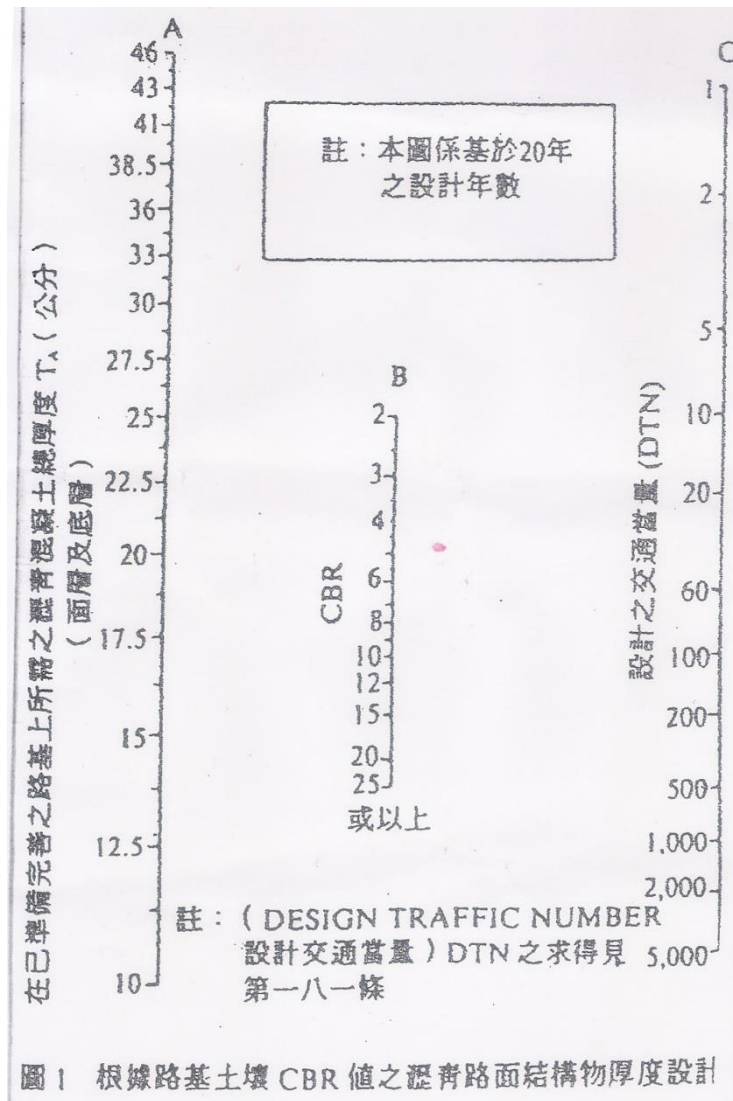


圖 1 根據路基土壤 CBR 值之瀝青路面結構物厚度設計

◎剛性路面結構設計(美國波特蘭水泥協會)

1. 決定混凝土路面厚度須考慮下列三個主要因素：

A. 設計輪重：路面之設計輪重係由交通狀況—包括車輛型式、輪重、交通量及輪重分佈狀況等因素，以決定路面使用之設計輪重及混凝土應力安全係數。

B. 路基承載力及土壤性質

混凝土路面之路基承載力一般係按Westergaard氏所建議之方法量度之。Westergaard用路基反力模數(Modulus of subgrade Reaction, 簡稱K值)表示路基承載力之強弱，其定義乃為每單位面積之路基所受之載重除以撓度所得之值。

路基承載力依土壤之種類、密度及含水量而定，可由路基土壤之CBR(California Bearing Ratio)依圖一之關係求得。

C. 混凝土之強度及品質

混凝土路面之混凝土強度係指撓曲強度(Flexural Strength)。路面受載重產生撓曲而破裂，並非受壓破碎，故混凝土之撓曲強度亦稱破裂強度(Modulus of Rupture, f_r)。

◎剛性路面結構設計(美國波特蘭水泥協會)

2. 混凝土路面之應力：

混凝土路面之應力(Stresses)主要來源有二，其一由於輪重，其一由於混凝土在凝固中及凝固後所產生之體積變化。輪重所導致之應力為撓曲應力(Flexural Stress)；混凝土體積變化不論由於凝固時之收縮，或由於溫度及含水量之變化，其導致之應力有拉應力、壓應力及撓曲應力，如路面設置伸縮縫，則此部份之應力消除、不計入其效應。

A. 輪重應力

混凝土路面所受之應力最嚴重者乃為輪重所導致之撓曲應力，均厚(Uniform thickness)之混凝土路面，輪重作用於角隅處應力最大，作用於邊緣處應力次之，作用於中央處應力最低，輪重作用位置如圖二所示。

混凝土路面因輪重所產生之彎矩超過某種限度，使混凝土所受之撓曲應力超過其撓曲強度時，此路面即告損壞。

B. 混凝土路面應力計算

當混凝土路面角隅處因版頂及版底溫室效應而產生向上捲曲時，則路基對於路面無支持作用，在此情形下輪重加於角隅處之應力較之用Westergaard公式所計得者為高，如圖三所示。

Gerald Pickett氏考慮路面角隅處之捲曲情形，如接縫處無適當防捲保護裝置，則採用非保護角隅公式：

◎剛性路面結構設計(美國波特蘭水泥協會)

Gerald Pickett氏考慮路面角隅處之捲曲情形，如接縫處無適當防捲保護裝置(如鋼棒等)，則採用非保護角隅公式：

$$S = \frac{4.2P}{d^2} \left[1 - \frac{\sqrt{\frac{a}{\ell}}}{0.925 + 0.22\frac{a}{\ell}} \right] \dots\dots(1)$$

式中 S=由輪重產生之路面上緣最大拉應力，其方向平行於角隅之分角線，單位為 ℓ b/in²。

P=包括衝擊在內之輪重，單位磅。

d=均厚路面之厚度，單位吋。

a=車輪與路面接觸面積相當之半徑，單位吋。(見圖四)。

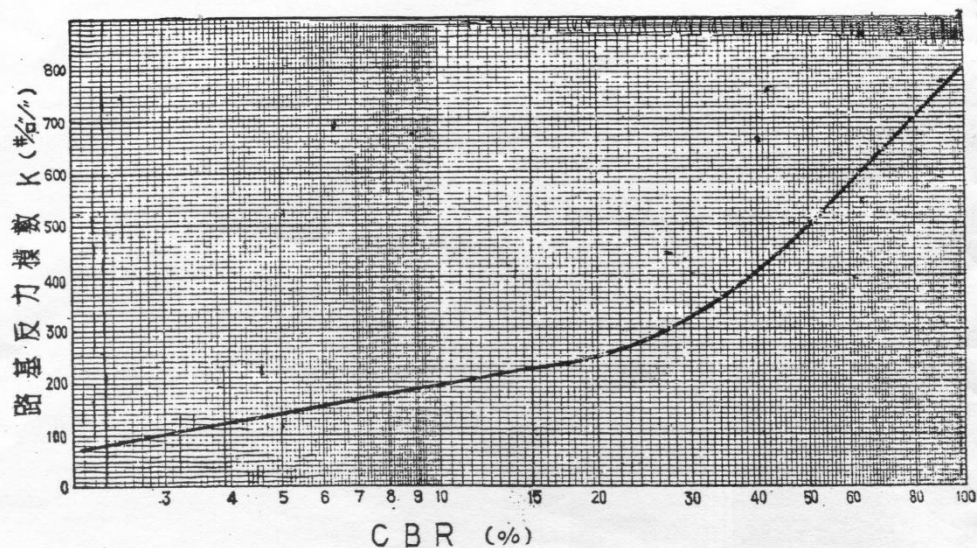
$$\ell = \sqrt[4]{\frac{Ed^3}{12(1-\mu^2)K}} \dots\dots(2)$$

E=混凝土彈性模數(3,000,000 ℓ b/in²)。

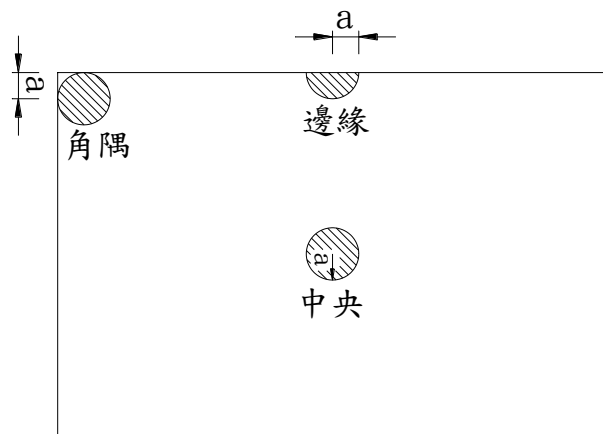
μ =混凝土之 Poisson's Ratio($\mu=0.15$)。

K=路基反力模數。

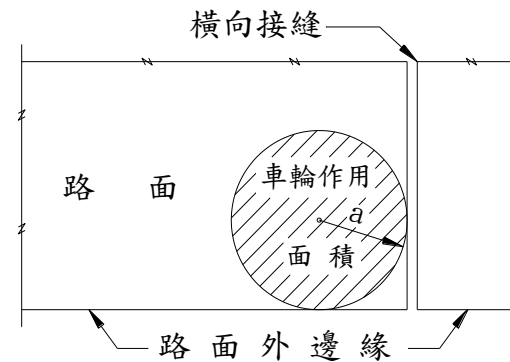
◎剛性路面結構設計(美國波特蘭水泥協會)



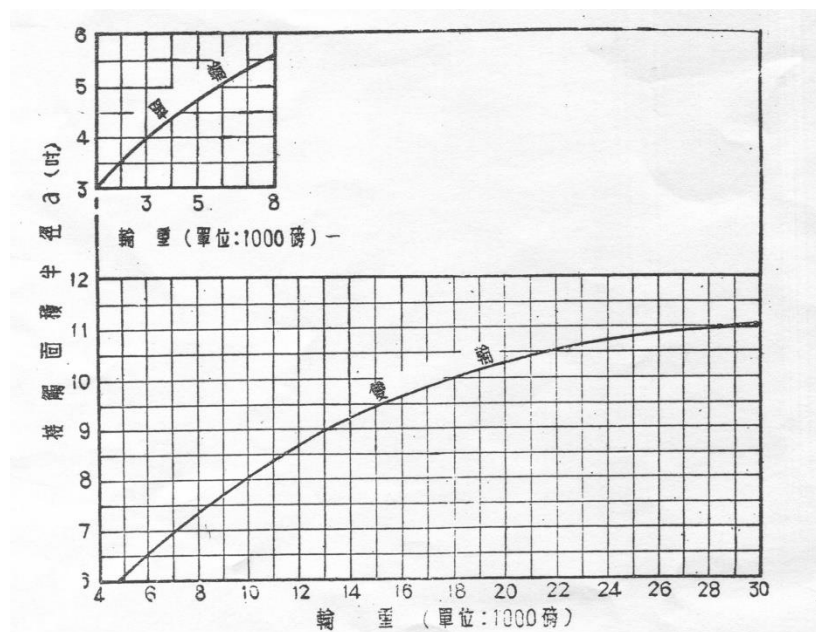
圖一 路基K值與CBR值關係



圖二 輪重作用位置



圖三 輪重作用於路面角隅



圖四 輪重與車輪接觸面積半徑

◎剛性路面結構設計(美國波特蘭水泥協會)

混凝土應力檢核

依據公路橋梁設計規範第 7.2.2 節混凝土容許應力：

$$\text{混凝土開裂模數 } f_r = 2.0 \sqrt{f_c'} = 2.0 \sqrt{210} = 29.98 \text{ kg/cm}^2$$

由 CBR 值，依圖一求得路基反力模數 K 值：

$$\text{CBR}=65\% \rightarrow K=610 \#/\text{in}^3 = 16.9 \text{ kg/cm}^3$$

$$d=23.25 \text{ cm}=9.15''$$

由輪重，依圖四求得車輪接觸面積半徑 a：

$$P=5000 \text{ kg}/0.45 \text{ kg}/\ell \quad b=11111 \ell^b \rightarrow a=8.4''$$

$$\ell = \sqrt[4]{\frac{Ed^3}{12(1-\mu^2)K}} = \sqrt[4]{\frac{(3 \times 10^6) \times (9.15)^3}{12 \times (1-0.15^2) \times 610}} = 23.81''$$

$$f_t = \frac{4.2 \times (1.2P)}{d^2} \left[1 - \frac{\sqrt{a/\ell}}{0.925 + 0.22 \frac{a}{\ell}} \right] \quad (\text{輪重 } P \text{ 加計 } 20\% \text{ 衝擊係數})$$

$$= \frac{4.2 \times (1.2 \times 11111)}{(9.15)^2} \left[1 - \frac{\sqrt{8.4/23.81}}{0.925 + 0.22 \times \frac{8.4}{23.81}} \right]$$

$$= 272.62 \text{ psi} = 19.08 \text{ kg/cm}^2 \leq f_a = 29.98 \text{ kg/cm}^2 (f_r) / 1.5 (F.S=1.5)$$

$$= 19.32 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{O.K.}$$

六、災害復建工程

◎致災原因與破壞模式

1. 災害調查



目的：赴現場勘災，記錄各項資料，並初步研判災害發生之原因與可能之破壞機制。

資料調查工作項目表

項目	內容	用途	資料來源
初步勘查	現場踏勘	瞭解過去及鄰近相關資料蒐集、現況勘查	業主及地方
位置及地形	地形圖	分析土地範圍、地勢及範圍界限	航照圖及 1/25,000 地形圖
土壤及地質	地質及地震資訊	依據表土層及地質特性、地下水位位置，供擬訂方案參考並估算地質承载力及設計基礎	1. 現有文獻及鑽探資料 2. 中央地質調查所 3. 補充地質調查
氣象	氣溫、濕度、雨量、風向	分析氣候狀況及空氣品質，供環境說明及規劃設計用	1. 中央氣象局 2. 台電或水利署氣象站資料
水文及排水	降雨強度、地表排水流向、現有排水設施位置及構造	瞭解地面水來源及排除方法與承受水體關聯性	1. 水利署地理資料系統 2. 現場勘查
交通	交通流量、動線、施工道路等	瞭解相關路線、施工條件、交通維持等	1. 業主及地方 2. 現有資料 3. 現場勘查
其他相關資料	工料調查及相關法令規章	估算經費參考	1. 工程會資訊 2. 市場查詢價

◎致災原因與破壞模式

2. 道路致災原因探討

(1) 致災原因：

◎降雨強度大且集中



◎山區地質及地形不良



◎致災原因與破壞模式

◎河(溪)流的沖蝕作用



◎集水區不當開發



◎致災原因與破壞模式

- ◎工程設計、管理問題—道路排水系統規劃、設計、施工或維護不佳
- ◎介面破壞



◎致災原因與破壞模式

◎致災原因及破壞模式

	破壞類型	致災原因	破壞模式
道路工程	邊坡破壞	擋土結構強度不足 土質鬆軟 排水不良 坡度過大 水路流速過大，基礎掏空或沖毀 坡面無排水設施(自然邊坡) 設計不足 道路、坡面排水不良 順向坡、岩體破碎崩落	1. 道路上、下方邊坡滑動 2. 道路上方邊坡擋土牆破壞 3. 道路下方邊坡擋土牆破壞 (含護岸擋土牆崩坍、河道 內結構物破壞) 4. 整體性破壞 5. 介面破壞 6. 岩體破壞

◎邊坡復建對策及通用工法

◎邊坡破壞模式：路基流失、地表沖蝕、向源侵蝕、凹岸沖刷、淺層滑動、深層滑動、順向坡滑動、土石流、落石等九類。

◎邊坡復建及通用工法

破壞模式	項目	說明
漫地流造成路基流失	1. 災害成因	◎排水溝阻塞 ◎路面漫地流 ◎紐澤西護欄阻礙水流，水量集中造成沖蝕
	2. 破壞位置與現象	國內山區道路常採用紐澤西護欄，紐澤西護欄常形成水流之障礙，而使得道路成為“排水跑道”。水流遇紐澤西護欄缺口時，路面大量逕流即傾洩而出，造成水力沖蝕，使路基流失。
	⊕對策	橫向截水、路邊排水及路基邊坡保護工程
	⊕通用工法	◎改採鋼索或鋼鈹護欄 ◎設置排水溝、截流邊坡與收集地表水 ◎設路面橫向截流溝，截流漫地流防止形成排水跑道 ◎復建工程路基採用加勁擋土牆或石籠等柔性結構 ◎下邊坡設置洩槽，避免無尾溝

◎邊坡復建對策及通用工法

破壞模式	項目	說明
地表沖蝕	1. 災害成因	<ul style="list-style-type: none"> ◎坡面因植生不佳，岩土裸露，造成沖蝕 ◎上邊坡缺乏適當之排水系統 ◎路邊溝淤積阻塞 ◎坡趾無尾溝沖蝕破壞
	2. 破壞位置與現象	<p>道路上下邊坡在雨水之衝擊與沖蝕作用下，沿坡面逕流形成沖蝕溝，若未設置任何防護措施，蝕溝逐漸擴大，延伸至坡趾即造成坡面之陷落或坍塌。</p>
	⊕對策	<ul style="list-style-type: none"> ◎上邊坡設置排水系統（包含橫向與縱向排水） ◎邊坡植生 ◎下邊坡避免無尾溝 ◎路邊溝定期清理，避免淤積
	⊕通用工法	<ul style="list-style-type: none"> ◎設置截水溝、排水溝、縱向洩槽及跌水工 ◎打樁編柵、植生護坡 ◎延長無尾溝之出水口至穩定坡趾

◎邊坡復建對策及通用工法

破壞模式	項目	說明
向源侵蝕	1. 災害成因	河床邊坡陡峭使水流速加大、侵蝕力增大，使下邊坡支撐力喪失，而逐階向上游或源頭（集水區水路）侵蝕。
	2. 破壞位置與現象	此現象通常發生於集水區之谷地，且為流水匯集之處。另因河水升高及地表水之滲透，使地下水位升高，土壤有效應力降低，產生邊坡滑動的循環破壞模式，使谷地切割產生向源侵蝕造成道路破壞。
	⊕對策	<ul style="list-style-type: none"> ◎設置防砂壩、跌水工等消能設施。 ◎逕流通過道路時需以箱涵方式穿越，或需設置過水路面（RC 路面）。 ◎下邊坡應避免形成無尾溝，並做好固床工。
	⊕通用工法	<p>上邊坡：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎設置截水溝、過路箱涵、縱向洩槽及跌水工 ◎排水系統清理 ◎打樁編柵、植生護坡 <p>下邊坡：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎洩槽、石籠、護坦及河岸護堤 ◎路基加勁擋土牆

◎邊坡復建對策及通用工法

破壞模式	項目	說明
凹岸沖刷	1. 災害成因	河川水流經凹岸時，流速加快，於凹岸地形成離心渦漩水流沖刷凹岸，並搬運土砂淤積於凸岸。
	2. 破壞位置與現象	河道彎曲凹岸半徑愈小表示流速越快，沖刷愈為嚴重，使得路基因遭河水沖刷，道路路基崩塌，路寬縮小，甚至因基礎淘刷，引起破壞的現象。
	⊕對策	河川設置石籠及石籠丁壩護岸以防止河岸沖刷。此外，亦可考慮設置樁基或加深基礎至淘刷深度(scourdepth)以下，並加拋石保護河岸邊坡。
	⊕通用工法	<ul style="list-style-type: none"> ◎石籠護岸 ◎石籠丁壩護岸 ◎樁基礎配合拋石保護河岸邊坡

◎邊坡復建對策及通用工法

破壞模式	項目	說明
淺層滑動	1. 災害成因	◎地下水位以上的邊坡長時間處於不飽和狀態，降雨入滲形成飽和浸潤帶，基質吸力因而降低、導致凝聚力折減並形成無限長邊坡之淺層滑動。
	2. 破壞位置與現象	多發生於土層中，或岩土界面間。一般淺層破壞之深度不會超過3m，破壞面平行於邊坡，一般可以無限長之邊坡破壞模式代表。
	⊕對策	◎邊坡穩定分析： 1. 無限長之邊坡穩定分析 2. 以軟體進行淺層平面滑動分析 ◎截水及坡面植生保護 ◎若坡度甚陡，可考慮以土釘加強
	⊕通用工法	◎設置坡面橫向截水溝及縱向洩槽導水與跌水工 ◎坡面打樁編柵及植生，以植物根系力穩固土壤 ◎若坡度甚陡，植生工法效果不彰，或曾發生坍塌，可考慮採用土釘工法配合植生

◎邊坡復建對策及通用工法

破壞模式	項目	說明
深層滑動	1. 災害成因	<ul style="list-style-type: none"> ◎坡趾開挖：使邊坡失穩 ◎雨水入滲：含水量升高使土壤有效應力降低安全係數遞減 ◎地形、地質因素：常發生於均勻土層，偶爾亦可能發生於極風化之岩盤（如礫岩）
	2. 破壞位置與現象	<ul style="list-style-type: none"> ◎深層破壞常以圓弧型、近圓弧型或部分圓弧、部分順向坡之形狀產生。可能發生於上邊坡或下邊坡，亦可能跨越上、下邊坡，使道路完全阻斷。 ◎深層破壞之深度與高度成正比，且破壞面多非平行於坡面，且具一定之深度（一般常大於3m）。
	⊕對策	<ul style="list-style-type: none"> ◎邊坡穩定分析： 極限平衡法：包括圓弧破壞面或指定破壞面，近年來亦常採用有限元素分析法 ◎邊坡穩定工法配合植生綠化
	⊕通用工法	<p>邊坡穩定工法：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">◎地表、地下排水系統 <li style="width: 50%;">◎坡趾擋土排樁 <li style="width: 50%;">◎坡趾擋土牆（加勁牆或RC牆） <li style="width: 50%;">◎坡趾地盤改良 <li style="width: 50%;">◎坡面裂縫灌漿 <li style="width: 50%;">◎坡面台階處理 <li style="width: 50%;">◎坡面格樑地錨穩定

七、常見設計缺失

◎常見設計缺失

1. 道路選線

◎線型未符道路設計標準，例如：曲線半徑、超高漸變段長度、曲線加寬度等。

2. 擋土牆

◎型式未符工址條件：

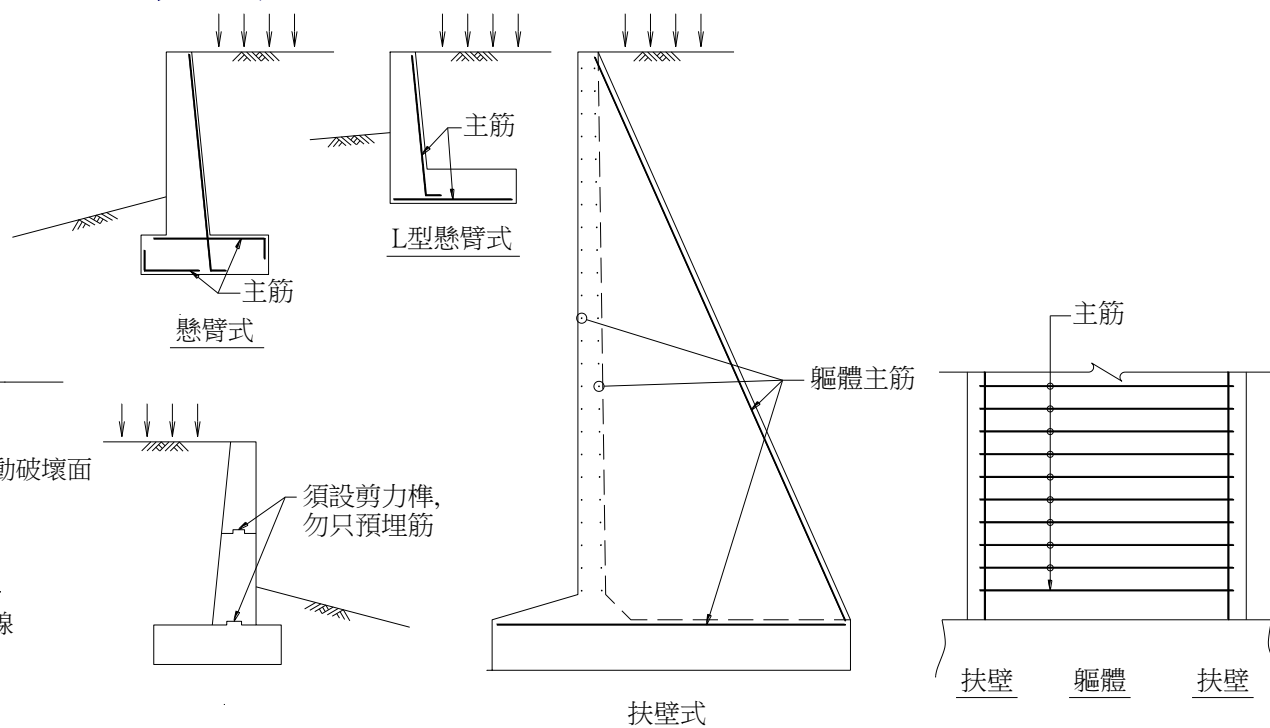
(1) 外斜式不適於坡趾邊坡陡峭之處(增加擋土牆高度且不穩定)

(2) 懸臂式向路基開挖過大(可調整為L型)

(3) 牆趾入土不足

(4) 鋼筋配置錯誤

(5) 施工縫設置不當

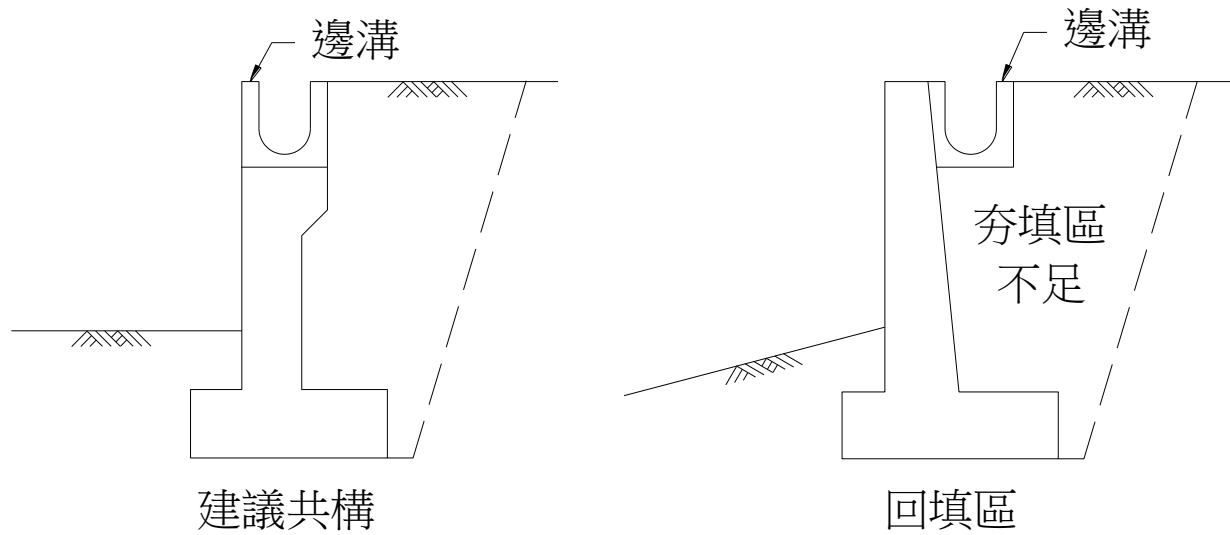


◎常見設計缺失

3. 排水工程

(1) 排水邊溝：

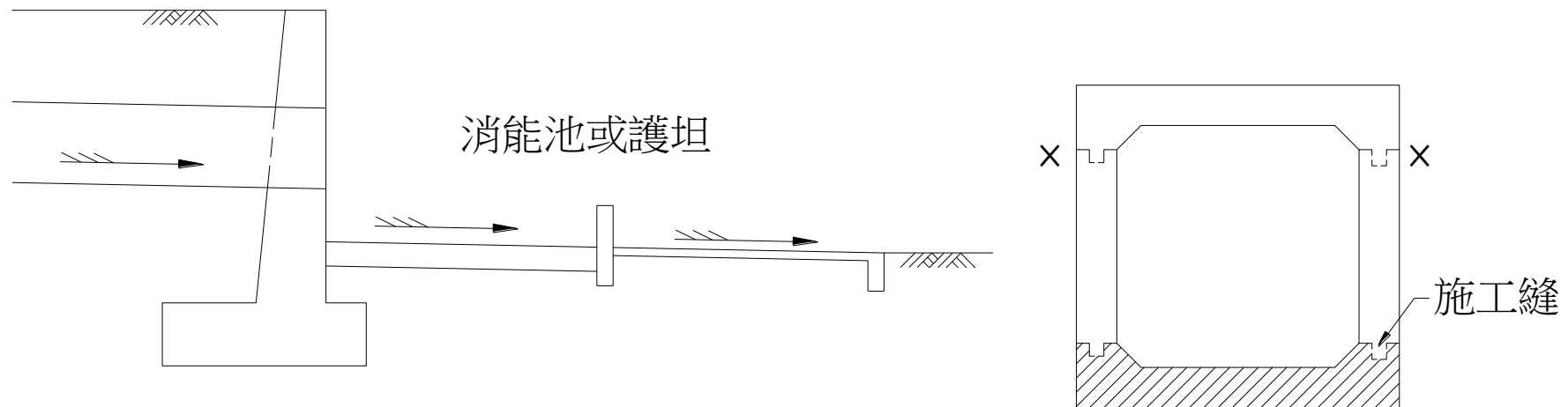
- ◎排水斷面不合理：上游側斷面大、下游側斷面小，排水坡度不足 ($<0.2\%$) 或過大 ($>2\%$)
- ◎未設計橫向排水涵管 (@150m/道)
- ◎施設於填方區域開挖回填區
- ◎山區縱坡過大 ($\geq 20\%$)，未設計基礎止滑樁
- ◎進、出水口高程未銜接既有排水溝



◎常見設計缺失

(2)橫向箱涵或管涵

- ◎排水坡度不足或過大
- ◎箱涵尺寸過小，維護不易
- ◎長管涵直徑尺寸過小，未符合規範要求
- ◎未設計出水口末端處理、或末端處理設計未符規範
- ◎分半施工縫設置不當(須上下二階段施工)



◎常見設計缺失

4. 路基路面

(1) 柔性路面

- ◎未依柔性路面規範要求施作路基土壤取樣(通常50cm~100cm深度範圍)，高填方區則須針對借土方壓密度再作檢核
- ◎過度加厚A.C面層厚度，未善用碎石級配底層之當量強度，致維護困難(如未來管線挖填等)

(2) 剛性路面

- ◎角隅未設計補強鋼筋
- ◎路基強度不足，未施設碎石級配底層($\geq 15\text{cm}$)
- ◎未要求混凝土抗彎試驗

八、結語

◎結語

設計者之禁忌

- ◎錯引規範、施工須知—無知陷阱
- ◎紙上作業即成正果—草率、圖地不符
- ◎延續錯誤經驗—偏見與傲慢
- ◎忽視「複核」重要性—交差了事
- ◎缺乏施工回饋設計之認知—技術無感、自感專業、權威
- ◎故步自封、新知殺手—一招打天下(標準圖?)
- ◎套裝軟體版本須配合規範更新

授課完畢，
敬請指教！
Q & A