

落石邊坡整治設計簡介

世鼎工程設計有限公司

丘達昌 大地工程技師

TEL:(02)22591199

E-mail:dcchiou@ms45.hinet.net

11 DEC, 2018

柔性防/避災之概念

被動式防護



落石防護網

主動式整治



掛網岩栓護坡

掛網岩栓護坡工法



1. 工法概述

2. 設計檢核

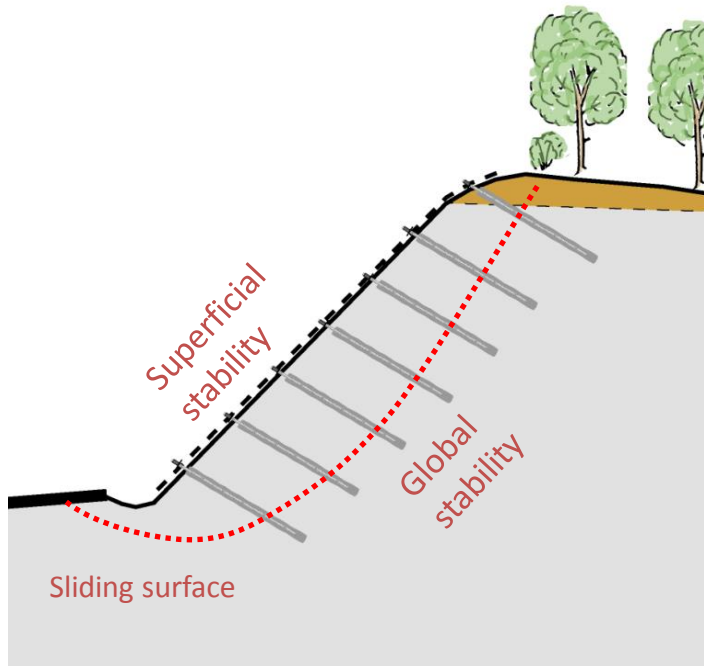
3. 性能比較

4. 實績成效



工法説明

工法概述 掛網 + 岩栓 用在邊坡



組成構件

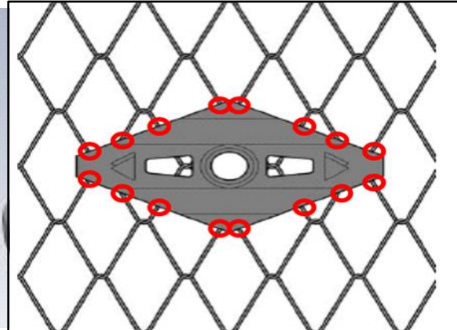
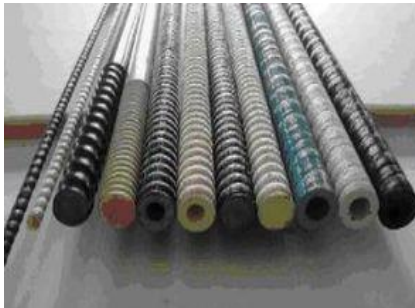
1. 硬鋼線網

引用CNS 3697規定之高抗拉強度，於承受岩塊推擠張力作用時，不致產生過量變形，可抑制地層之變位，持續確保邊坡安全穩定性。



2. 岩栓

岩栓之配置，係採交錯方式，並施加一定的預力，對邊坡形成主動式的保護系統，而所採用之間距、長度、直徑及承載力大小，則視個案之條件而定。



掛網岩栓護坡工法

由 硬鋼線網 與 土/岩栓 組合之主動式邊坡穩定系統

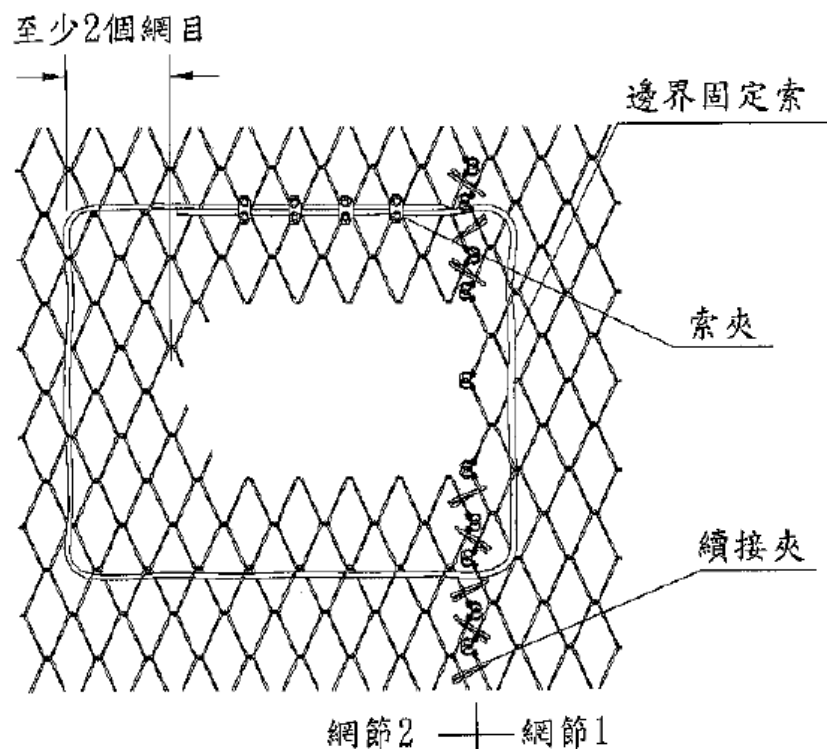
- 主動加固穩定系統(土層或風化岩石坡面)
- 預防坡面破碎岩楔的淺層坍滑及崩落
- 搭配植生復育進而抑制表層風化



- 施工簡便快速、方便維護管理、易於掌控品質
- 適用於傳統工法無法克服之陡坡



● 可彈性閃避樹木及結構物 不影響整體系統功效及外觀



閃避樹木或構造物搭接詳圖

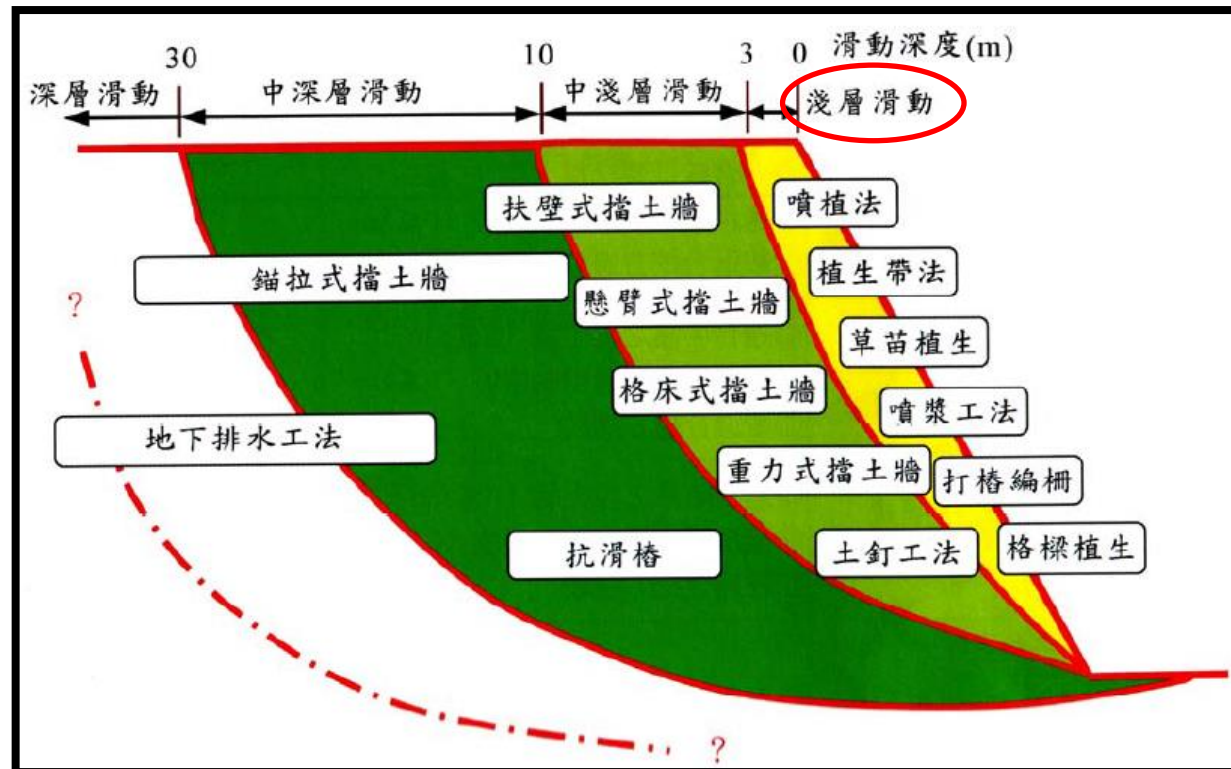
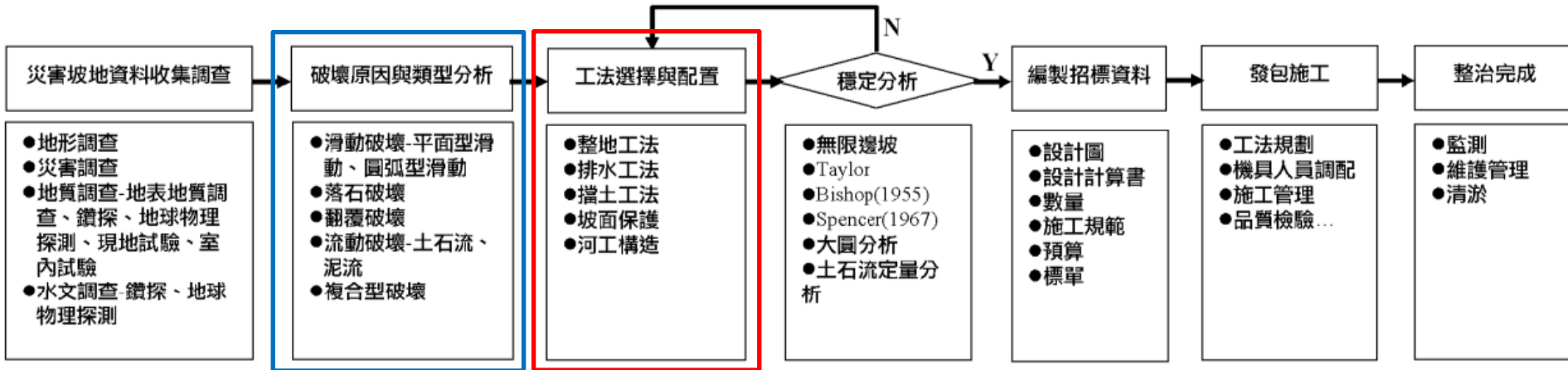




設計 検核

坡地災害整治處理流程

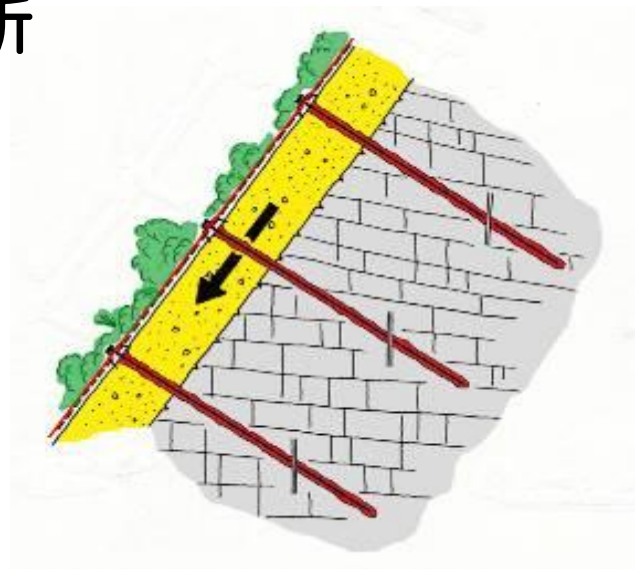
林銘郎等人，2007



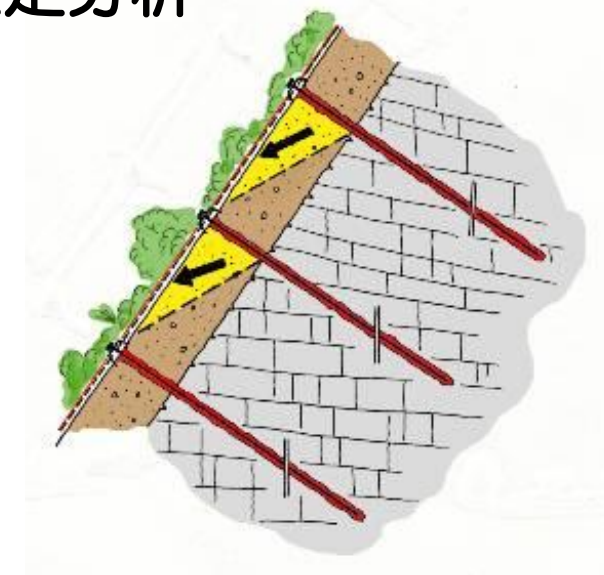
廖瑞堂，2008

掛網岩栓護坡穩定性檢核：

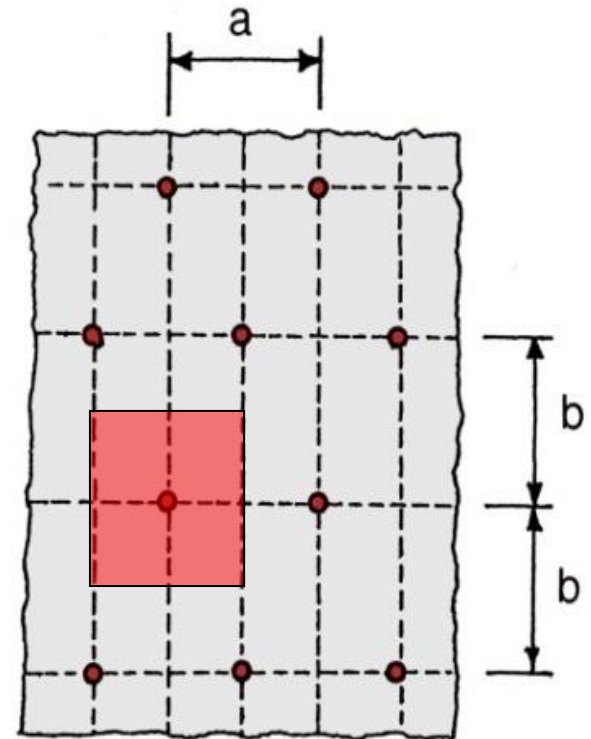
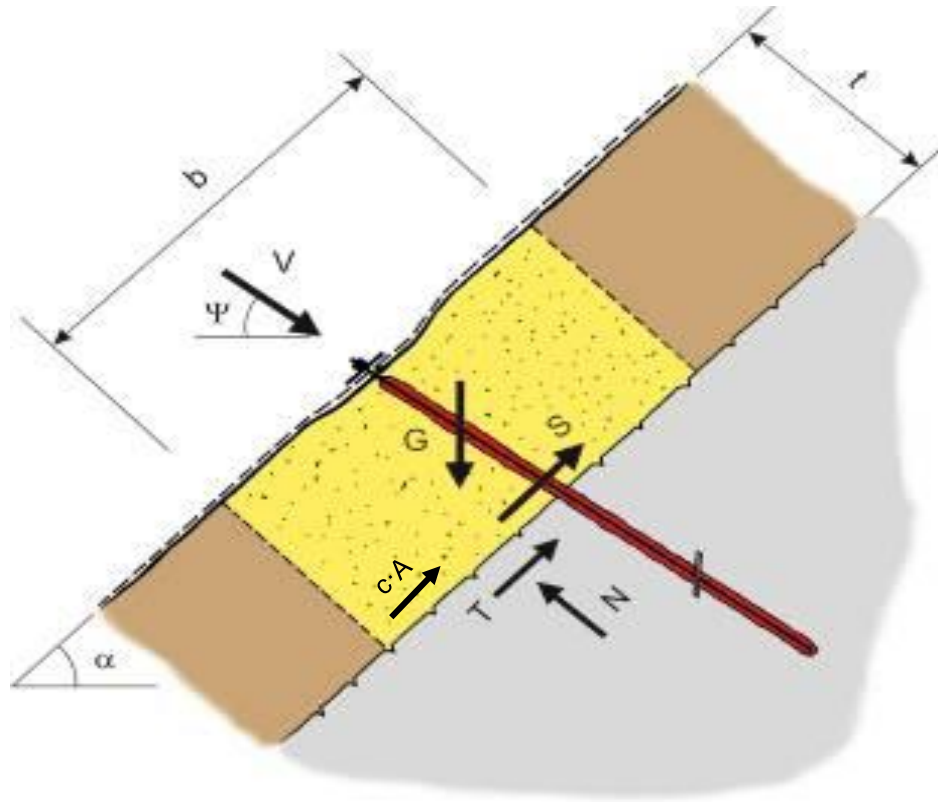
1. 平行坡面之淺層滑動穩定分析



2. 土/岩栓間出現局部滑動之穩定分析



平行坡面之淺層滑動穩定分析



平行坡面之淺層滑動穩定分析(常時狀態)

G = 滑動土體重量

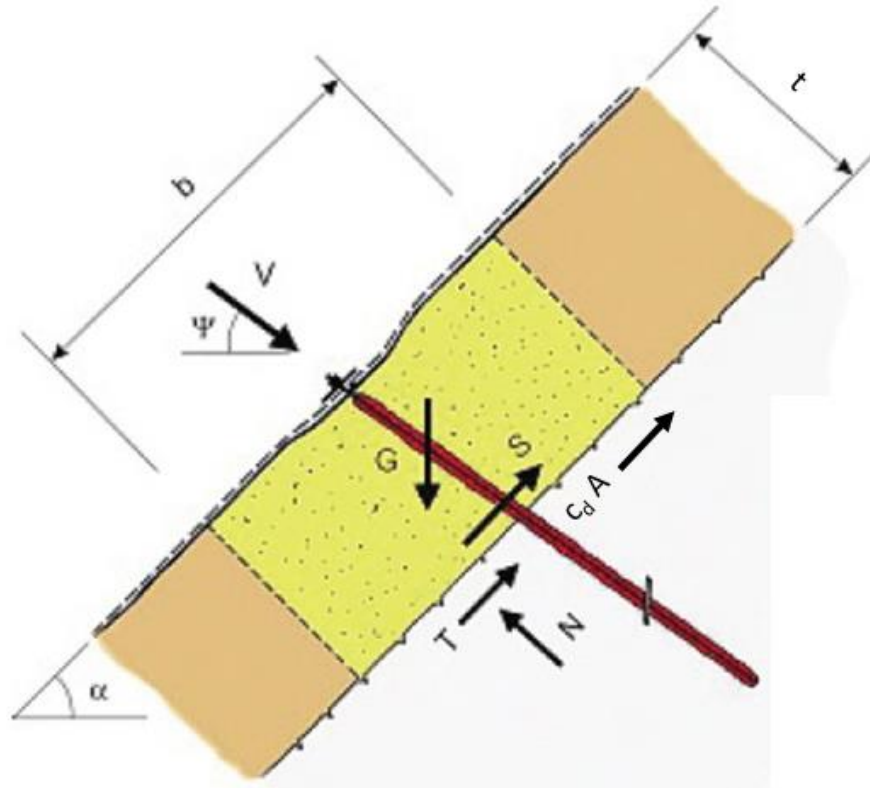
S = 岩栓抗滑動剪力

V = 岩栓預力

$c_d A$ = 凝聚力

N = 正向力

T = 切向力



$$S \text{ [kN]} = \frac{1}{\gamma_{\text{mod}}} \cdot \{ \gamma_{\text{mod}} \cdot G \cdot \sin \alpha - V \cdot \gamma_{\text{mod}} \cdot \cos (\Psi + \alpha) - c \cdot A - [G \cdot \cos \alpha + V \cdot \sin (\Psi + \alpha)] \cdot \tan \varphi \}$$

平行坡面之淺層滑動穩定分析(地震狀態)

G = 滑動土體的重量

S = 抗滑動剪力

V = 岩栓預力

$c \cdot A$ = 凝聚力

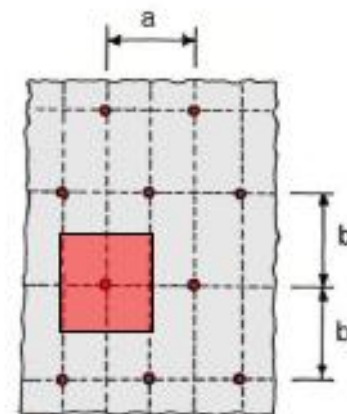
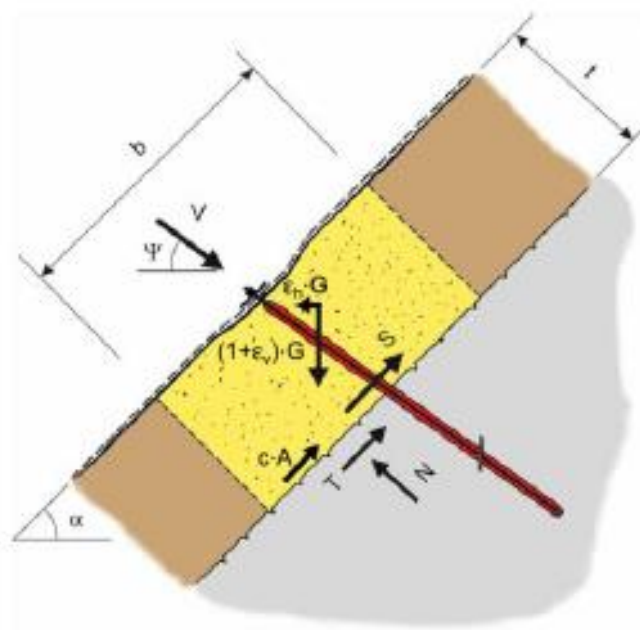
T, N = 反力

α = 邊坡坡度

γ_{mod} = 修正係數

ϵ_v = 垂直地震係數

ϵ_h = 水平地震係數



$$S \text{ [kN]} = (1+\epsilon_v) \cdot G \cdot \sin\alpha + \epsilon_h \cdot G \cdot \cos\alpha - V \cdot \cos(\Psi+\alpha) - \frac{[V \cdot \sin(\Psi+\alpha) + (1+\epsilon_v) \cdot G \cdot \cos\alpha - \epsilon_h \cdot G \cdot \sin\alpha] \cdot \tan\phi + c \cdot A}{\gamma_{mod}}$$

平行坡面之淺層滑動穩定分析(滲流狀態)

G = 滑動土體的重量

S = 抗滑動剪力

V = 岩栓預力

$c \cdot A$ = 凝聚力

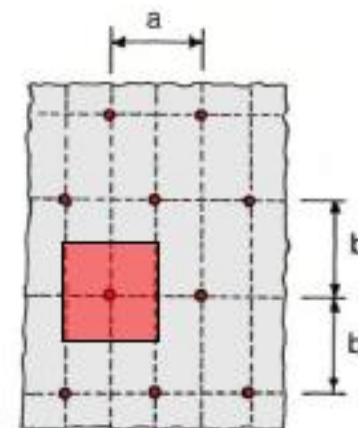
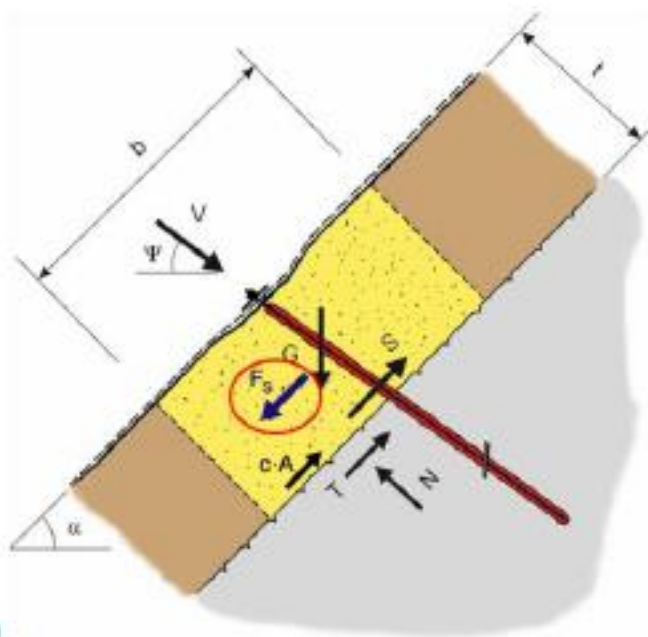
T, N = 反力

α = 邊坡坡度

γ_{mod} = 修正係數

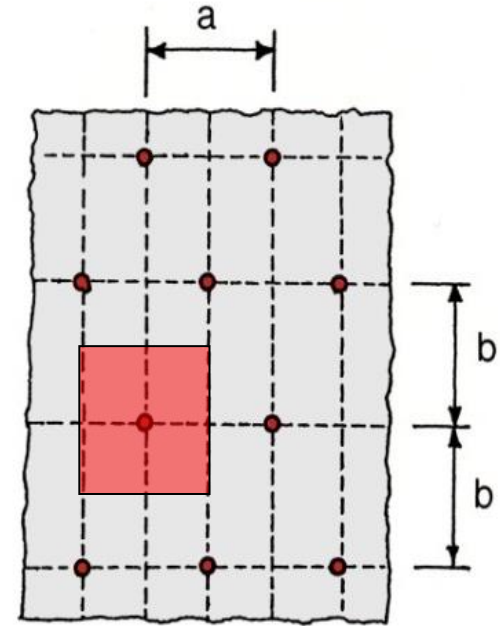
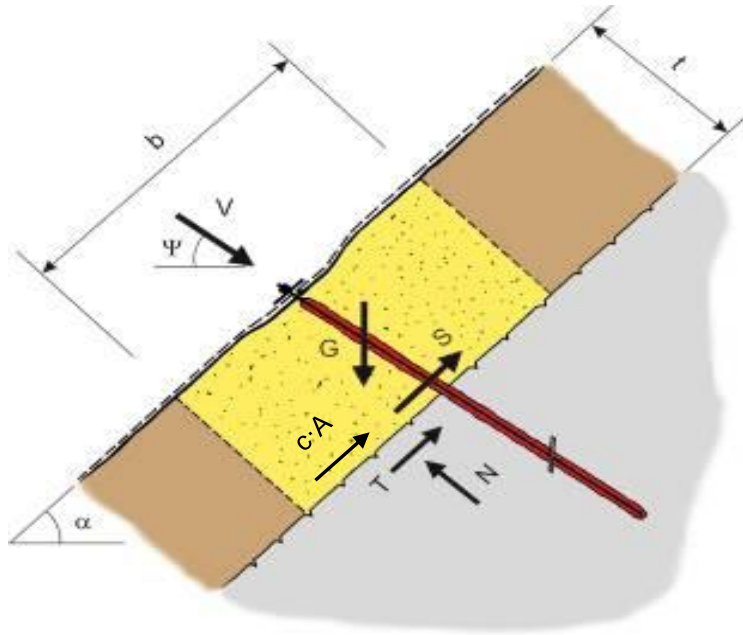
F_s = 滲流力

$(F_s = \gamma_w \cdot \sin \alpha \cdot a \cdot b \cdot \text{depth})$



$$S \text{ [kN]} = G \cdot \sin \alpha - V \cdot \cos(\Psi + \alpha) + F_s - \frac{[V \cdot \sin(\Psi + \alpha) + G \cdot \cos \alpha] \cdot \tan \phi + c \cdot A}{\gamma_{\text{mod}}}$$

平行坡面之淺層滑動穩定分析



平行邊坡淺層
滑動穩定分析

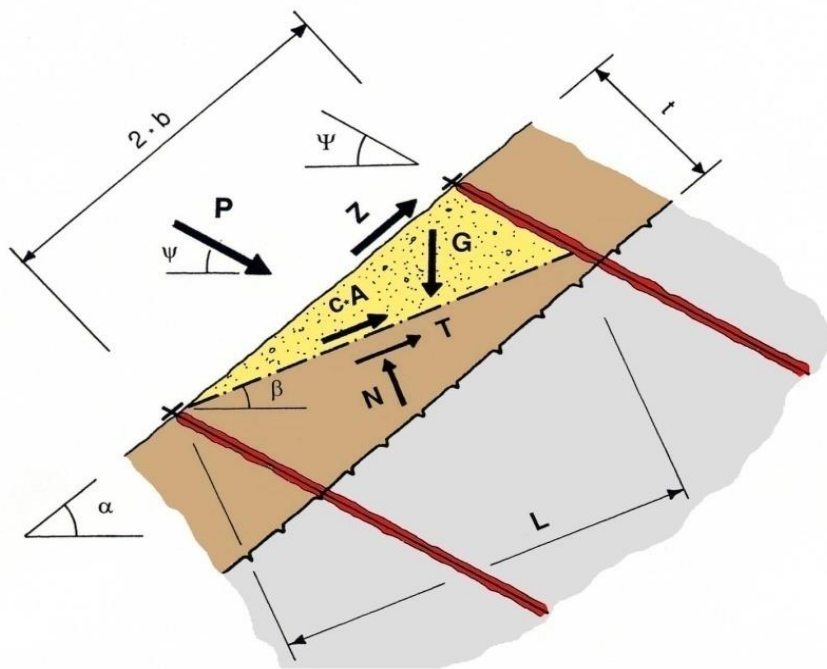
常時狀態

地震狀態

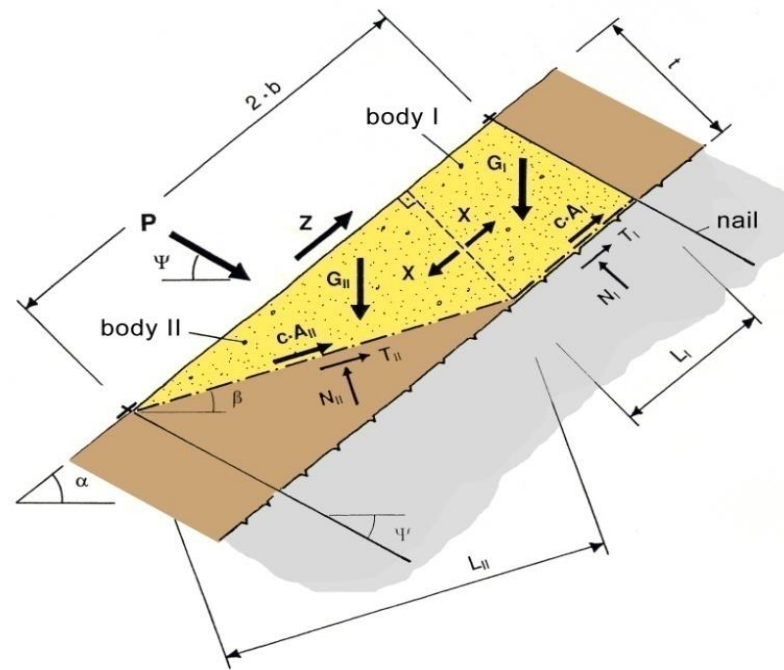
滲流狀態

1. 檢核岩栓於平行坡面方向抗剪力
2. 檢核鋼線網抗衝孔(punching)破壞能力
3. 檢核岩栓於複合應力作用下之承載能力

土/岩栓間出現局部滑動之穩定分析



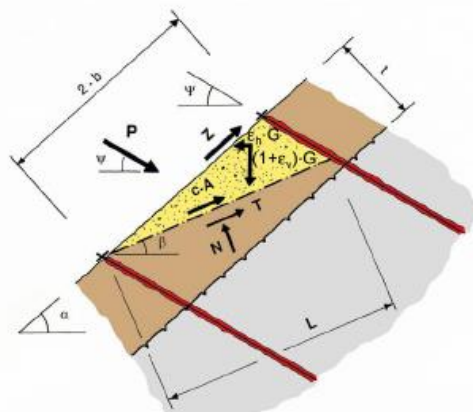
單一楔形滑動破壞機制



複合楔形滑動破壞機制

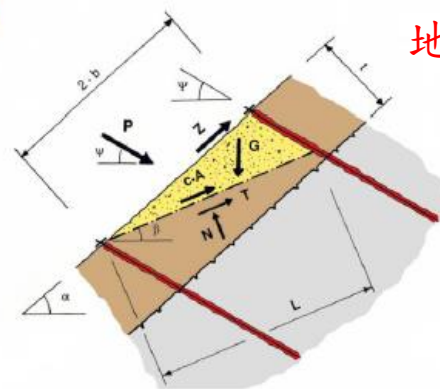
單一楔型滑動破壞機制

Z = 平行坡面之作用力
 P = 穩定預力
 G = 滑動土體的重量
 $c \cdot A$ = 凝聚力
 T, N = 反力
 α = 邊坡坡度
 β = 滑動面的角度
 L = 滑動面的長度
 γ_{mod} = 修正係數
 ϵ_v = 垂直地震係數
 ϵ_h = 水平地震係數



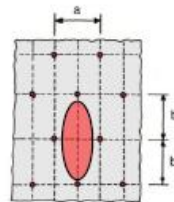
常時狀態

Z = 平行坡面之作用力
 P = 穩定預力
 G = 滑動土體的重量
 $c \cdot A$ = 凝聚力
 T, N = 反力
 α = 邊坡坡度
 β = 滑動面的角度
 L = 滑動面的長度
 γ_{mod} = 修正係數



地震狀態

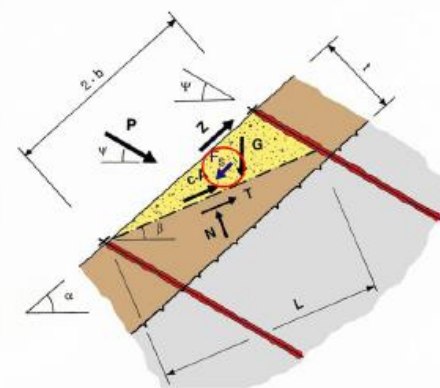
$$P \text{ [kN]} = \frac{G \cdot [\gamma_{mod} \cdot \sin \beta - \cos \beta \cdot \tan \phi] - Z \cdot [\gamma_{mod} \cdot \cos (\alpha - \beta) - \sin (\alpha - \beta) \cdot \tan \phi] - c \cdot A}{\gamma_{mod} \cdot \cos (\beta + \Psi) + \sin (\beta + \Psi) \cdot \tan \phi}$$



平行坡面之作用力
 穩定預力
 滑動土體的重量
 凝聚力
 反力

α = 邊坡坡度
 β = 滑動面的角度
 L = 滑動面的長度
 γ_{mod} = 修正係數

F_s = 滲流力 ($F_s = \gamma_w \cdot \sin \alpha \cdot a \cdot b \cdot \text{depth}$)



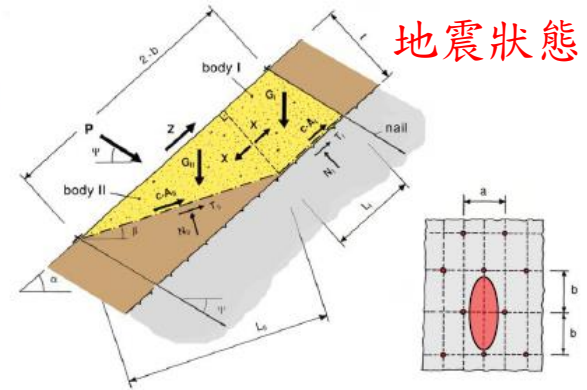
滲流狀態

$$P \text{ [kN]} = \frac{F_s \cdot \cos (\alpha - \beta) + G \cdot \sin \beta - Z \cdot \cos (\alpha - \beta) - \frac{[G \cdot \cos \beta - Z \cdot \sin (\alpha - \beta) + F_s \cdot \sin (\alpha - \beta)] \cdot \tan \phi + c \cdot A_c}{\gamma_{mod}}}{\cos (\Psi + \beta) + \sin (\Psi + \beta) \cdot \frac{\tan \phi}{\gamma_{mod}}}$$

複合楔型滑動破壞機制

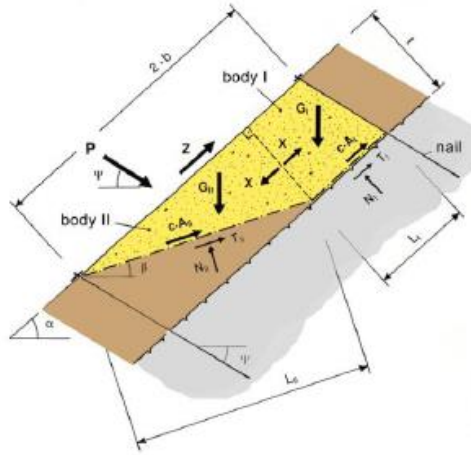
X = 接觸力
 Z = 平行坡面之作用力
 P = 穩定預力
 G = 滑動土體的重量
 $c \cdot A$ = 凝聚力
 T, N = 反力
 α = 邊坡坡度
 γ_{mod} = 修正係數

地震狀態



常時狀態

X = 接觸力
 Z = 平行坡面之作用力
 P = 穩定預力
 G = 滑動土體的重量
 $c \cdot A$ = 凝聚力
 T, N = 反力
 α = 邊坡坡度
 γ_{mod} = 修正係數
 ϵ_v = 垂直地震係數
 ϵ_h = 水平地震係數

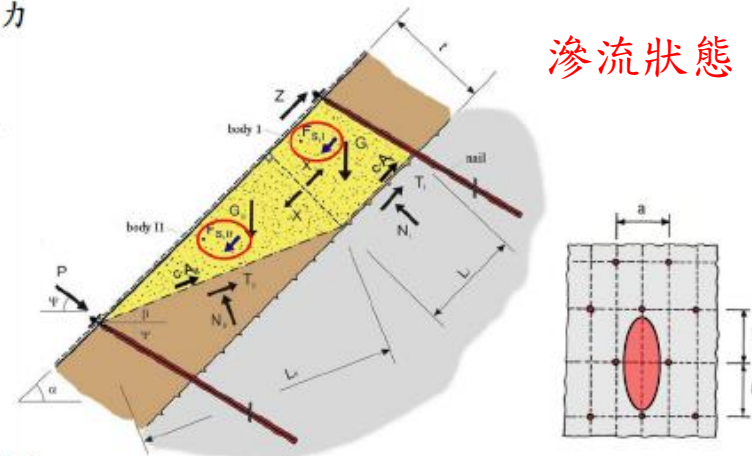


$$P \text{ [kN]} = \frac{G_{II} \cdot [\gamma_{mod} \cdot \sin \beta - \cos \beta \cdot \tan \phi] + (X - Z) \cdot [\gamma_{mod} \cdot \cos(\alpha - \beta) - \sin(\alpha - \beta) \cdot \tan \phi] - c \cdot A_{II}}{\gamma_{mod} \cdot \cos(\beta + \Psi) + \sin(\beta + \Psi) \cdot \tan \phi}$$

$$X \text{ [kN]} = 1 / \gamma_{mod} \cdot \{ G_I \cdot (\gamma_{mod} \cdot \sin \alpha - \cos \alpha \cdot \tan \phi) - c \cdot A_I \}$$

力

滲流狀態



F_s = 滲流力

$$(F_s = \gamma_w \cdot \sin \alpha \cdot a \cdot b \cdot \text{depth})$$

$$P \text{ [kN]} = \frac{(1 + \epsilon_v) \cdot G_{II} \cdot \sin \beta + \epsilon_h \cdot G_{II} \cdot \cos \beta + X \cdot \cos(\alpha - \beta) - Z \cdot \cos(\alpha - \beta) - \frac{[(1 + \epsilon_v) \cdot G_{II} \cdot \cos \beta - \epsilon_h \cdot G_{II} \cdot \sin \beta - Z \cdot \sin(\alpha - \beta) + X \cdot \sin(\alpha - \beta)] \cdot \tan \phi + c \cdot A_{II}}{\gamma_{mod}}}{\cos(\Psi + \beta) + \sin(\Psi + \beta) \cdot \frac{\tan \phi}{\gamma_{mod}}}$$

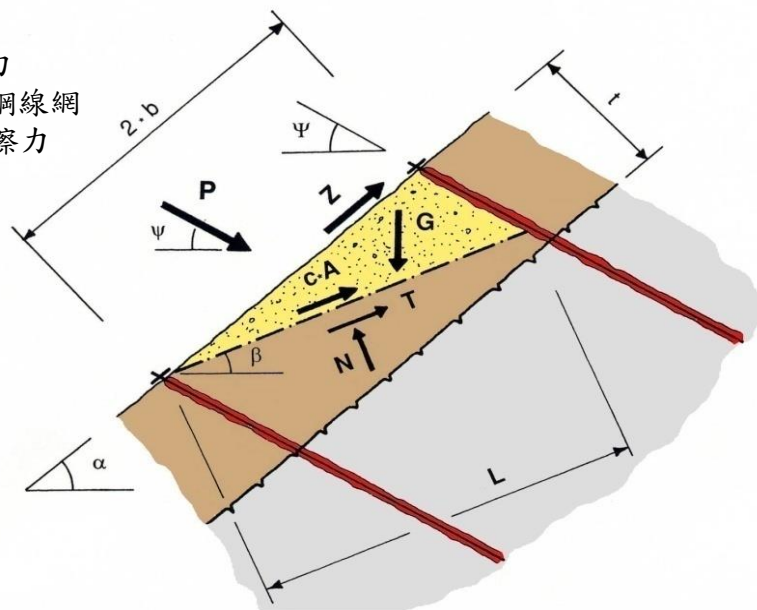
$$X \text{ [kN]} = (1 + \epsilon_v) \cdot G_I \cdot \sin \alpha + \epsilon_h \cdot G_I \cdot \cos \alpha - \frac{[(1 + \epsilon_v) \cdot G_I \cdot \cos \alpha - \epsilon_h \cdot G_I \cdot \sin \alpha] \cdot \tan \phi + c \cdot A_I}{\gamma_{mod}}$$

$$P \text{ [kN]} = \frac{G_{II} \cdot \sin \beta + X \cdot \cos(\alpha - \beta) + F_{s,II} \cdot \cos(\alpha - \beta) - Z \cdot \cos(\alpha - \beta) - \frac{[G_{II} \cdot \cos \beta - Z \cdot \sin(\alpha - \beta) + X \cdot \sin(\alpha - \beta) + F_{s,II} \cdot \sin(\alpha - \beta)] \cdot \tan \phi + c \cdot A_{II}}{\gamma_{mod}}}{\cos(\Psi + \beta) + \sin(\Psi + \beta) \cdot \frac{\tan \phi}{\gamma_{mod}}}$$

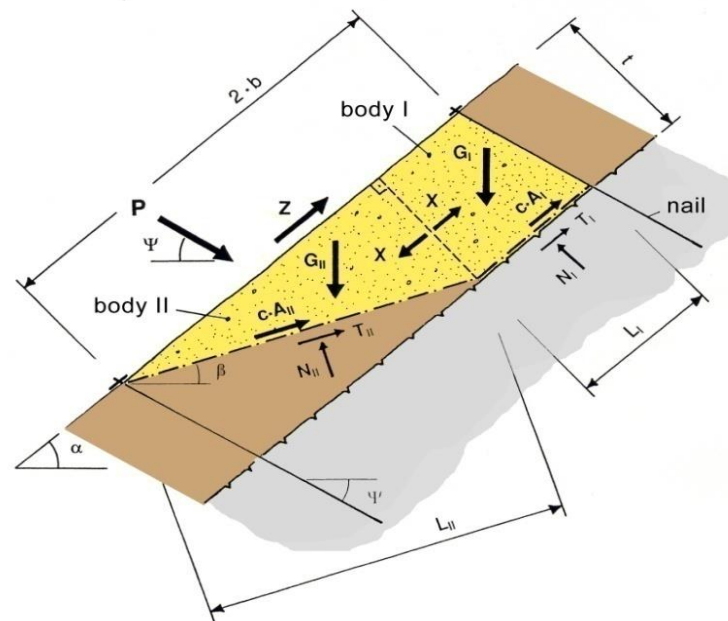
$$X \text{ [kN]} = F_{s,I} + G_I \cdot \sin \alpha - \frac{G_I \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi + c \cdot A_I}{\gamma_{mod}}$$

土/岩栓間出現局部滑動之穩定分析

P = 需求穩定力
Z = 滑動體與鋼線網
產生之摩擦力
X = 接觸力



單一楔形滑動破壞機制



複合楔形滑動破壞機制

土/岩栓間出現局
部滑動之穩定分析

常時狀態

地震狀態

滲流狀態

1. 檢核鋼線網於岩栓之承壓鈹固定處
抗剪能力

2. 檢核鋼線網於平行坡面方向之承載
能力

電腦試算表

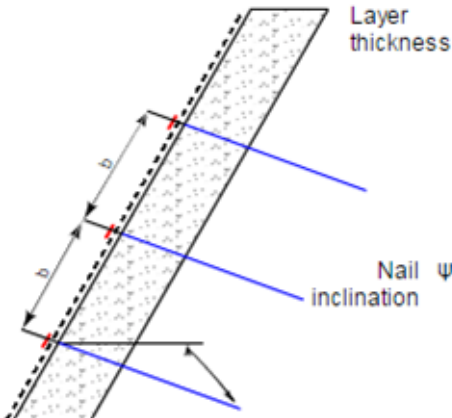
Save	Load	Print	Full screen	Units	EN ▼
------	------	-------	-------------	-------	------

Project No.

Project Name

Date, Author

Cross-section:



Layer thickness $t = 1.00$ m

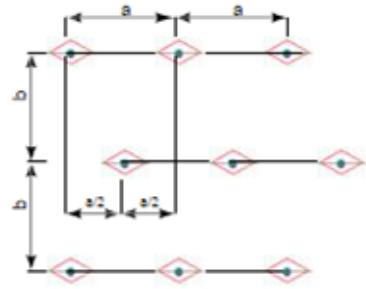
Nail inclination $\psi = 20.0$ degrees

Slope inclination $\alpha = 60.0$ degrees

Friction angle ground (characteristic value) $\Phi_k = 32.0$ degrees

Volume weight ground (characteristic value) $\gamma_k = 20.0$ kN/m³

View nail arrangement:



Mesh and spike plate type: TECCO® G65/3 + P33

About nailing: Variation a = b

Nail distance horizontal $a = 2.70$ m

Nail distance in line of slope $b = 2.70$ m

GEWI D = 28 mm

with rusting away

Dimensioning quantities

$\Phi_d = 26.6$ degrees

$c_d = 0.0$ kN/m²

$\gamma_d = 20.0$ kN/m³

Control:

Proofs of the mesh OK (0.73)

Proofs of the nails OK (0.95)

Load cases	Defaults	Safety factors	Nail types	Elements of the system	Proof of bearing safety
------------	----------	----------------	------------	------------------------	-------------------------

輸入參數，重複試算取得最佳化防護設計！

目 錄

一、工程簡述.....	1
二、分析參數.....	2
2.1 地層/地形	2
2.2 硬鋼線網	3
2.3 岩栓	3
三、檢核說明.....	4
3.1 邊坡淺層滑動分析	4
3.1.1 邊坡淺層滑動分析(常時狀態).....	5
3.1.2 邊坡淺層滑動分析(地震期間).....	5
3.1.3 邊坡淺層滑動分析(地下水滲流).....	6
3.2 岩栓間局部滑動分析	7
3.2.1 破壞機制 A(常時狀態)	7
3.2.2 破壞機制 A(地震期間)	8
3.2.3 破壞機制 A(地下水滲流)	8
3.2.4 破壞機制 B(常時狀態).....	9
3.2.5 破壞機制 B(地震期間).....	9
3.2.6 破壞機制 B(地下水滲流).....	10
四、分析檢核結果.....	11

四、分析檢核結果

4.1 掛網岩栓護坡安全穩定性能檢核

引用行政院農業委員會出版之水土保持技術規範(103 年 9 月 11 日修正)第 73 條規定，為提供工程安定程度之推算，邊坡穩定規劃設計時應進行邊坡穩定分析，穩定分析應達所定最小之安全係數為：

狀態	安全係數(min.)
平時	1.5
地震	1.2
暴雨	1.1

執行分析說明章節所述之分析流程，並考慮常時狀態、地震狀態及地下水滲流時的額外載重下，檢核平行坡面淺層滑動及岩栓間局部滑動穩定分析，其計算結果彙整如下所示：

a. 邊坡淺層滑動分析

(a) 檢核岩栓於平行坡面方向抗剪力

	S_R	S_d	F.S.	檢核	結果
常時	142.0	49.1	2.9	$2.9 \geq 1.5$	OK
地震	142.0	61.5	2.3	$2.3 \geq 1.2$	OK
滲流	142.0	54.4	2.6	$2.6 \geq 1.1$	OK



性 能 比 較

鋼線網抗拉強度之工程意義：縱、橫向抗拉強度 (ASTM A975)





測試實驗室(機械性能)試驗報告
TESTING LABORATORY (MECHANICAL PROPERTIES) TEST REPORT
報告編號(Job No.): MTT-141808 工令編號(Job No.): L03SE000-2360

委託者 (Applicant) :
地址 (Address) :
樣品名稱 (Sample Description) : 鋼線網;鋼線材;承壓板
工程名稱 (Project Description) :
來樣日期 (Received Date) : 2014/07/04
發證日期 (Issued Date) : 2014/07/21
取樣者 (Sampler) :
測試項目 (Item) : 拉伸試驗;鋼線網強度試驗;承壓板抗彎試驗
使用設備 (Instrument) : UH-500KNC萬能試驗機;UH-1000KNC萬能試驗機
測試方法 (Method) : CNS 2111-85規範;及委託者提供方法
測試環境 (Ambient Temp.) : 25 °C
測試結果 (Test Results) :

1. 鋼線材抗拉試驗

No.	樣品名稱	斷面積(mm ²)	抗拉強度(kg/cm ²)
客戶參考值		-	17,000
1	鋼線材	7.06	18,915

2. 鋼線網強度試驗

No.	樣品名稱	抗拉負荷 (kN/m)
客戶參考值(縱向)		150
1	鋼線網	152.8
客戶參考值(橫向)		50
2	鋼線網	70.8

3. 承壓板抗彎試驗

No.	樣品名稱	抗拉負荷 (kN-m)
客戶參考值(縱向)		≥2.5
1	承壓板	4.3



鋼線網(縱向)樣品圖



鋼線網(橫向)樣品圖



承壓板樣品圖

-以下空白-

報告簽署人(Report Authorized Person) 

本報告由委託者提供, 僅供委託者參考, 不作為任何法律責任之依據。
This report is for reference only and does not constitute any legal liability.
本報告未經委託者許可不得複製或轉讓他人使用。本報告僅供委託者參考, 不作為任何法律責任之依據。
This report is for reference only and does not constitute any legal liability.

金屬工業研究發展中心
METAL INDUSTRIES R&D CENTRE

高橋中橋路811高橋公路1001號 886-7-351321
800 Kuan-Hsiung Highway 811 Taichung Highway 1001

Page: 1 Of 1

續接設計原則

(鋼線網 to 鋼線網)



鋼線網搭(續)接設計 之工程意義：網材搭(續)接抗拉強度



材料及工程實驗室-高雄

試驗報告



報告編號: KK-15-12553X
頁數: 1 OF 4
報告日期: 104 年 12 月 31 日

工程名稱: 業主: 監造單位: 承包廠商: 委託單位: 供料廠商: 鋼線網 樣品名稱: 岩坡穩定金屬網 結構部位: 取樣人員: 送驗人員:

取樣日期: 104 年 12 月 23 日
收件日期: 104 年 12 月 24 日
試驗日期: 104 年 12 月 24 日~104 年 12 月 31 日
試驗方法: ASEC 500kN 試驗機
備註: 1.以上資料由顧客提供(收件及試驗日期除外)
2.除非另有說明,此報告結果僅對測試之樣品負責
未經本公司事先書面同意,此報告不可部分複製
3.本樣品由 SGS 材料及工程實驗室-台北(申請書號碼: HK-15-06253W, 收件日期: 104 年 12 月 23 日)轉送至本實驗室執行本報告所示之試驗項目

試驗結果:

鋼線網-縱向抗拉試驗:

試件編號	網目數量		縱向抗拉強度 kN/m
	橫向	縱向	
No.1	12	7	157
No.2(搭接)	12	4+4	155
顧客提供要求	---		≥ 140

鋼線網-橫向抗拉試驗:

試件編號	網目數量		橫向抗拉強度 kN/m
	橫向	縱向	
No.3	7	12	67
No.4(搭接)	7	6+6	64
顧客提供要求	---		≥ 50

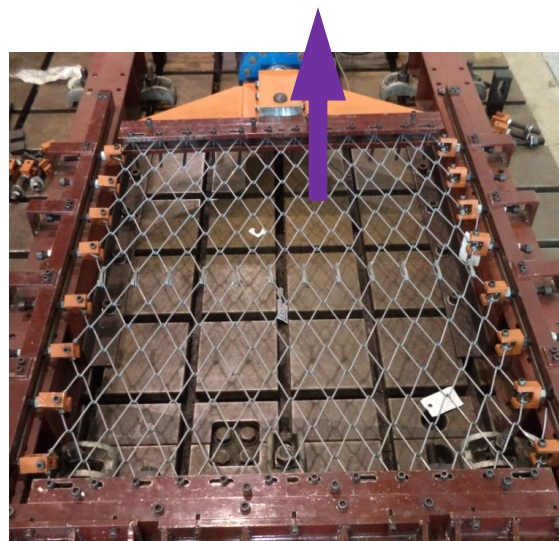
註:1.試驗速率為 1mm/Sec. *
2.縱向及橫向

鋼線網續(搭)接

【抗拉強度不減】

本報告若有提供規範
this document is issued by the Competent Authority for electronic format documents, the limitation of liability, indemnification or its intervention only and within the exercising all their rights and obligations, alteration, forgery or falsification of the shown in this last report refer only to the

SGS 台灣檢驗科技股份有限公司



鋼線網耐蝕(久)之工程意義：

腐蝕環境分類 (ISO 9223)

腐蝕性類別	質量與厚度損失(暴露第一年後)				參考性典型戶外環境 (ISO 9223)	溫帶氣候下的參考性典型戶外環境 (ISO 12944-2)
	低碳鋼		鋅			
	質量損失 g/m ²	厚度損失 μ m	質量損失 g/m ²	厚度損失 μ m		
C1 很低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤10	大氣污染很低且濕潤時間很短得乾燥或寒冷地區，比如沙漠、北極圈和南極洲中部。	-
C2 低	10~200	1.3~25	0.7~5	0.1~0.7	大氣污染很低(SO ₂ <5 μ g/m ³)的溫帶地區，如鄉村、小城鎮；大氣濕潤時間較短得乾燥或寒冷地區，比如沙漠和亞北極地區。	低污染大氣，多見於鄉村地區。
C3 中等	200~400	25~5	5~15	0.7~2.1	中度大氣污染(SO ₂ ：5~30 μ g/m ³)或有部分氯化物影響的溫帶地區，如城市和氯化物沉積較低的沿海地區；大氣污染較低的亞熱帶地區和熱帶地區。	中度SO ₂ 污染的城市和工業大氣，低鹽度的沿海地區。
C4 高	400~650	50~80	15~30	2.1~4.2	大氣污染嚴重(SO ₂ ：30~90 μ g/m ³)或有大量氯化物影響的溫帶地區，如污染嚴重的城市和工業地區、無含鹽水霧的沿海地區或受除冰解凍用嚴重影響的地區；中度大氣污染的亞熱帶和熱帶地區。	中等鹽度的工業和沿海地區。
C5-1 很高(工業)	650~1500	80~200	30~60	4.2~8.4	大氣污染非常嚴重(SO ₂ ：90~250 μ g/m ³)和(或)受氯化物嚴重影響的溫帶和亞熱帶地區，如工業區和濱海地區。	高溫且大氣惡劣的工業區。
C5-M 很高(海洋)	650~1500	80~200	30~60	4.2~8.4		高鹽度的沿海和海岸地區。
CX (極高)	1500~2500	200~700	60~180	8.4~25	大氣SO ₂ 含量很高(>30~90 μ g/m ³)和(或)受氯化物強烈影響的亞熱帶和熱帶地區(潮濕時間非常長)，如重工業區和偶會接觸鹽霧的濱海地區。	-

CNS 13401 對大氣腐蝕之環境分類&腐蝕速率：

表 5 各種標準金屬在不同種類之大氣腐蝕性第一年曝露的腐蝕速率 (γ corr)

腐蝕性 分 類	金 屬 的 腐 蝕 速 率 (γ _{corr})				
	單 位	碳 鋼	鋅	銅	鋁
C ₁	g/(m ² · a)	γ _{corr} ≤ 10	γ _{corr} ≤ 0.7	γ _{corr} ≤ 0.9	省 略
	μm/a	γ _{corr} ≤ 1.3	γ _{corr} ≤ 0.1	γ _{corr} ≤ 0.1	—
C ₂	g/(m ² · a)	10<γ _{corr} ≤ 200	0.7<γ _{corr} ≤ 5	0.9<γ _{corr} ≤ 5	γ _{corr} ≤ 0.6
	μm/a	1.3<γ _{corr} ≤ 25	0.1<γ _{corr} ≤ 0.7	0.1<γ _{corr} ≤ 0.6	—
C ₃	g/(m ² · a)	200<γ _{corr} ≤ 400	5<γ _{corr} ≤ 15	5<γ _{corr} ≤ 12	0.6<γ _{corr} ≤ 2
	μm/a	25<γ _{corr} ≤ 50	0.7<γ _{corr} ≤ 2.1	0.6<γ _{corr} ≤ 1.3	—
C ₄	g/(m ² · a)	400<γ _{corr} ≤ 650	15<γ _{corr} ≤ 30	12<γ _{corr} ≤ 25	2<γ _{corr} ≤ 5
	μm/a	50<γ _{corr} ≤ 80	2.1<γ _{corr} ≤ 4.2	1.3<γ _{corr} ≤ 2.8	—
C ₅	g/(m ² · a)	650<γ _{corr} ≤ 1500	30<γ _{corr} ≤ 60	25<γ _{corr} ≤ 50	5<γ _{corr} ≤ 10
	μm/a	80<γ _{corr} ≤ 200	4.2<γ _{corr} ≤ 8.4	2.8<γ _{corr} ≤ 5.6	—

ISO 17745

對腐蝕環境的建議耐久年限：

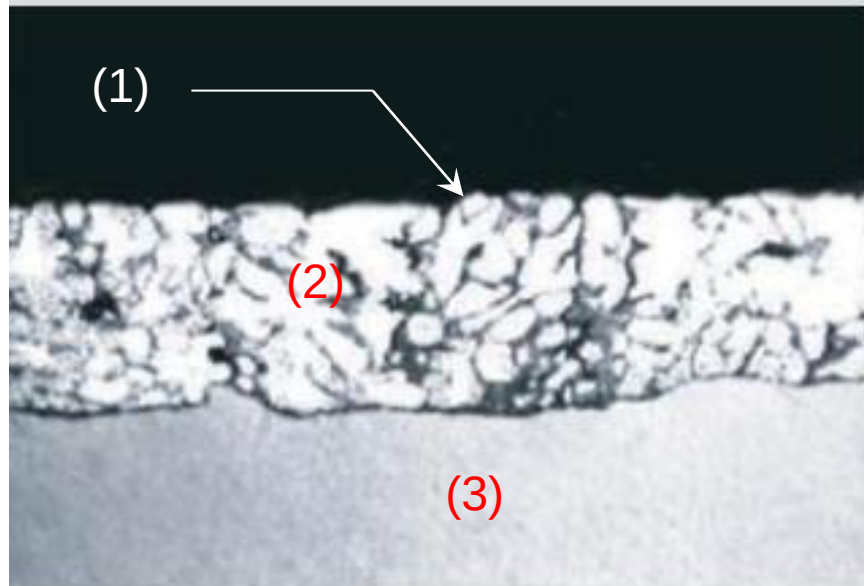
表 4 大氣腐蝕性的分類

分 類	腐蝕性
C1	非常低
C2	低
C3	中等
C4	高
C5	非常高

Environment level ISO 9223:2012, (4)	Coating	Class (ISO 7989-2)	Estimated working life of the product (year)
Low aggressive: (C2) Dry conditions Temperate zone, atmospheric environment with low pollution, e.g. rural areas, small towns (over 100 m above sea level). Dry or cold zone, atmospheric environment with short time of wetness, e.g. deserts, sub-arctic areas.	Zinc	A	25
	Zn95 %/Al5 % alloy	A B	50 25
	Advanced metallic coating	A B	120 50
Medium aggressive: (C3) Dry conditions Temperate zone, atmospheric environment with medium pollution or some effect of chlorides, e.g. urban areas, coastal areas with low deposition of chlorides, e.g. subtropical and tropical zone, atmosphere with low pollution	Zinc	A	10
	Zn95 %/Al5 % alloy	A B	25 10
	Advanced metallic coating	A B	50 25
High aggressive: (C4) Wet conditions Temperate zone, atmospheric environment with high pollution or substantial effect of chlorides, e.g. polluted urban areas, industrial areas, coastal areas, without spray of salt water, exposure to strong effect of de-icing salts, e.g. subtropical and tropical zone, atmosphere with medium pollution, industrial areas, coastal areas, shelter positions at coastline.	Zn95 %/Al5 % alloy	A	10
	Advanced metallic coating	A B	25 10

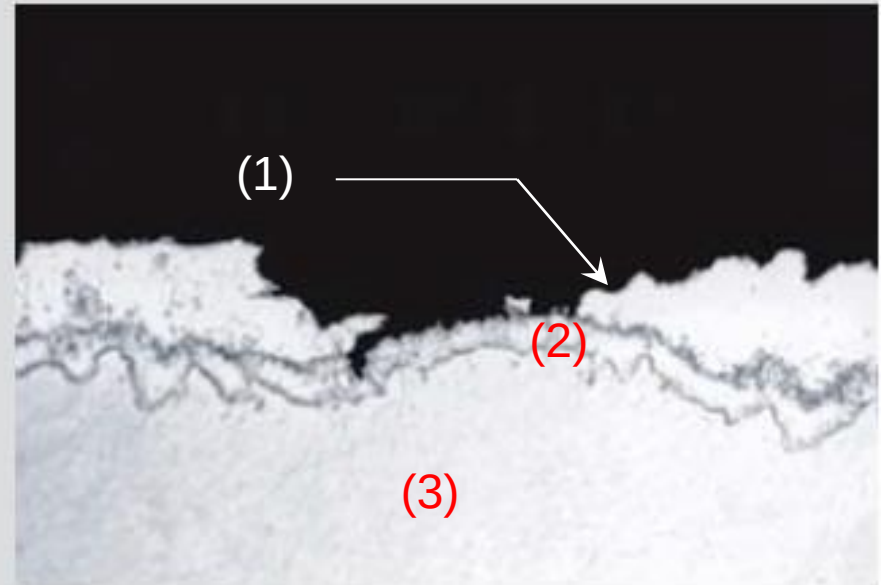
鍍鋁鋅之防蝕耐久學理

當鋼索曝露在自然環境下長達 14 年後，利用電子顯微鏡檢視兩者之橫斷面影像。



鍍鋁鋅

- (1) 光滑表面 (氧化鋁層)
- (2) 均質塗裝 (鋅/鋁)
- (3) 鋼索 (Fe)



熱浸鍍鋅

- (1) 由不同成分形成的表面塗層(鋅)，局部完全剝蝕及/或已經形成鐵鏽。
- (2) 鋅-鐵合金層
- (3) 鋼索 (Fe)

台灣地區之腐蝕環境劃分

二、台灣地區腐蝕環境

根據研究文獻指出，台灣地區腐蝕環境對照 ISO 腐蝕類型示如表 2-2，將台灣地區進行腐蝕等級分類可得國內大部分區域為 C3 等級以上，以及濱海沿線為 C5 等級甚且超越 C5 以上，因此建築物之防蝕工程更應當謹慎規劃與執行。

表 2-2 台灣地區腐蝕環境分類

腐蝕類型	腐蝕環境	台灣地區大氣環境下
C3	中等	奮起湖(阿里山)
C4	高	基隆、土城、樹林、新竹、竹東、斗南、小港、枋山、頭城
C5-I	極高(工業區)	高雄、新營
C5-M	極高(濱海區)	台中港、新達港、台東大武、台東市
C5+	無定義	陽明山、林口、墾丁佳樂水、花蓮、澎湖湖西

訂定防蝕之規格

➤ 歸納建議：
熱浸鍍鋅 300 g/m² 以上
鍍鋁鋅 150 g/m²
不銹鋼

出處：(2007)內政部建築研究所報告 【交通部運研所逐年更新】

「掛網岩栓護坡」與 傳統鋼索網錨筋護坡 之量化比較

	掛網岩栓	菱形網+鋼索
材料強度	1. 線材抗拉強度 $\geq 16,000 \text{ kgf/cm}^2$ 2. 鋼線網縱向抗拉強度 $\geq 150 \text{ kN/m}$ 3. 鋼線網橫向抗拉強度 $\geq 50 \text{ kN/m}$	1. 線材抗拉強度 $\geq 3,000 \text{ kg/cm}^2$ 2. 鐵絲網縱向抗拉強度 $\approx 30 \text{ kN/m}$ 3. 鐵絲網橫向抗拉強度 $\approx 10 \text{ kN/m}$
耐久性	鍍鋁鋅防蝕處理 使用壽命更可達50年。	採鍍鋅防蝕處理 一般正常環境下耐用年限約3年。 (臨海公路案例、完工一年即腐蝕)
性能比較	 完工10年後，仍無銹蝕現象	 增加鋼索，菱形網也因腐蝕而拉破

工程實務成效比較(1/5)：

掛網岩栓護坡



設計理念

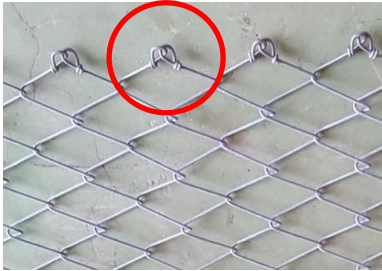
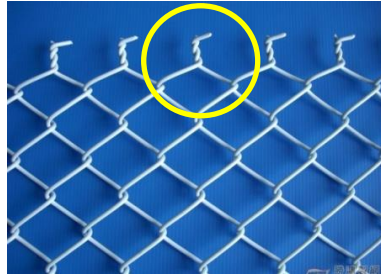
鎖固施加預力，形成**主動加固系統**，對破碎岩坡形成束制保護

菱形網（鋼索）+錨筋



菱形網輔以灌漿鋼筋或鋼索提供穩定性，屬於**被動式的防護**

工程實務成效比較(2/5)：

	掛網岩栓	菱形網+鋼索
整體性	 具結構性的強度效能，可確保其整體性，有效分散受力，鋼線網不會散開	 收邊較簡單，欠缺搭接設計理念，於受力狀態時，容易散開造成破壞。
效益比較	具強度性能，可抑制岩層崩滑、防止落石。	無法防止岩體之崩落破壞。
照片比較		

工程實務成效比較(3/5)：

	掛網岩栓護坡	菱形網（鋼索）+錨筋
整體性		
	鋼線網 搭接後的強度不低於原本強度 ，不會產生搭接弱面，確保邊坡整體穩定性	菱形網續接多以鐵絲綁紮，易 受岩塊推擠而撐破 ，成為邊坡保護的弱面

工程實務成效比較(4/5)：

	掛網岩栓	菱形網+噴凝土/植生
植生 景觀		
	穩固坡面後，藉原生植物自然復育	菱形網是輔助材料，配合植生綠化屬於水土保持措施
		
	可配合噴草植生、加速綠化	菱形網可配合噴凝土，穩固邊坡

工程實務成效比較(5/5)：

	噴凝土格框 v.s. 掛網岩栓	
整體 成效		
	完工初期	完工一年
格框工法（岩釘較長，無預力加固，造價較高） 掛網岩栓（工期較短，植生復育如預期，整治順向坡）		

耐震特性 【日本311地震案例介紹】

剛性護坡（噴凝土格框） - 耐震性能不足



相同地區，掛網岩栓護坡工程並無任何損毀！





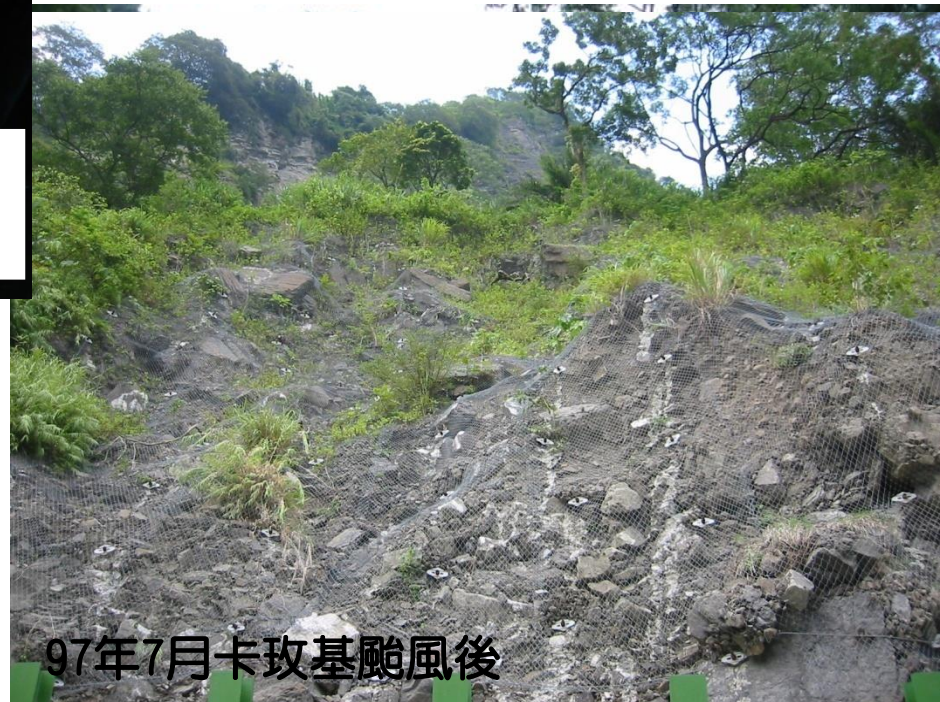
實 績 成 效

國內公共工程實績摘要表

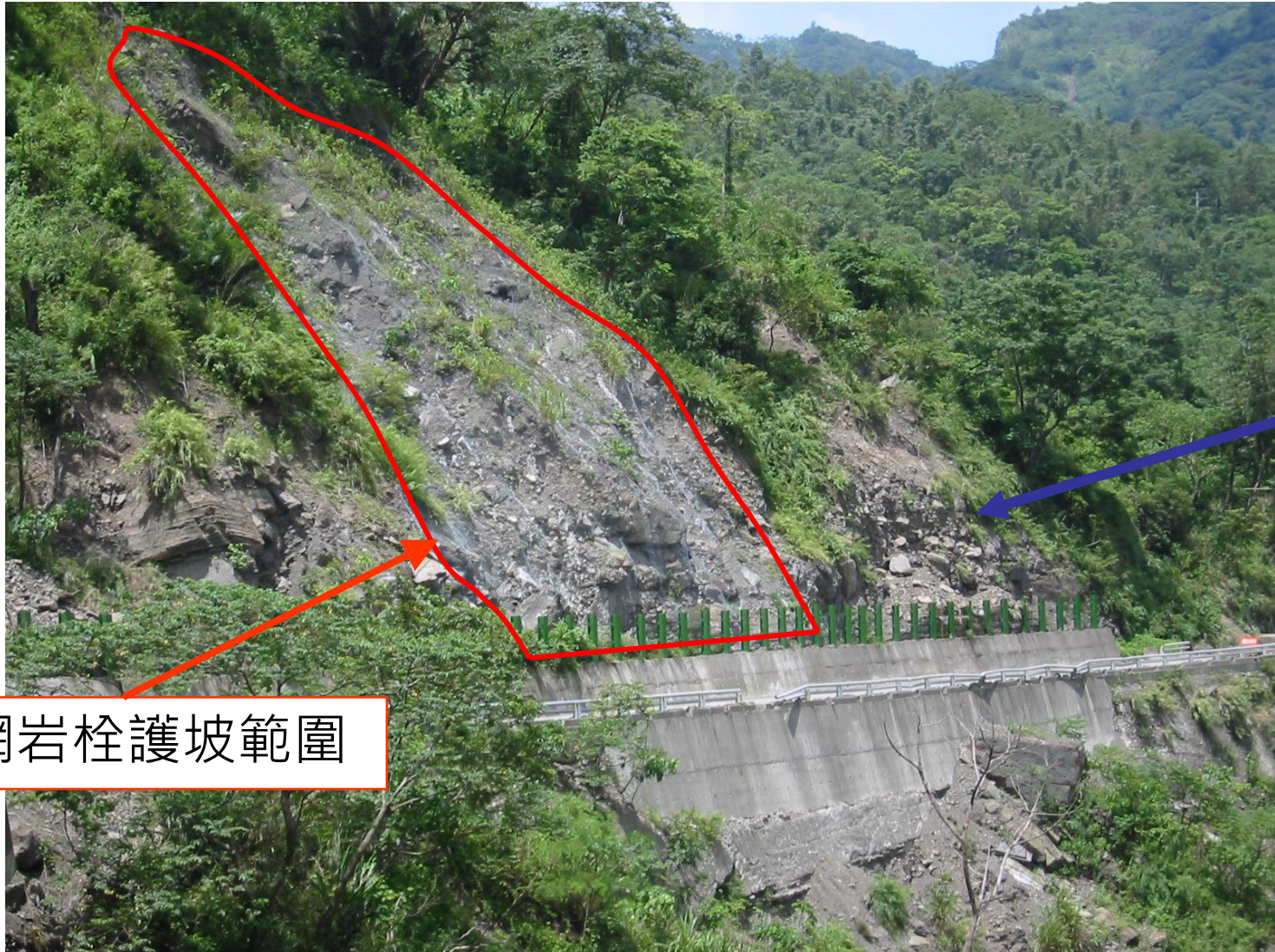
國內近年公共工程應用實績

機 關 名 稱	工 程 名 稱
公路總局第二區養護工程處	(96)台8線35K+950崩滑區落石防護網安裝工程
公路總局第三區養護工程處	(96)台21線216K+700~800崩塌地落石防護工程
台北縣土城市公所	(98)土城市辛樂克及薔蜜颱風災害搶救及復建工程
農委會林務局新竹林管處	(99)大安溪區第八林班崩塌地復育工程
公路總局第三區養護工程處	(101)台20線180K+960利稻橋A1橋台上邊坡整治工程
台東縣政府	(101)縣道197線29K+500~+700崩塌邊坡整治工程
新北市萬里區公所	(101)101年度新北市萬里區災害復建工程
公路總局第三區養護工程處	(101)台20線148K莫拉克風災上邊坡整治工程
台北市政府大地工程處	(101)台北市內湖區金龍產業道路岩坡保護工程
公路總局第三區養護工程處	(102)台20線148K+126~149K+795莫拉克風災路基修復工程
新北市萬里區公所	(102)102年度新北市萬里區災害搶修復建工程
公路總局第三區養護工程處	(103)台9線408K+520~425K+069間101年8月天秤颱風災害邊坡防護工程
新北市政府	(103)新北市瑞芳區義方國民小學禮堂旁邊坡坍塌災害緊急整治工程
公路總局蘇花公路改善工程處	(103)台九線蘇花公路南澳武塔段新建工程
基隆市議會	(104) 104年度邊坡擋土牆增設排水管及防空洞上方邊坡噴漿等工程工程
公路總局第三區養護工程處	(104)台9線421K+700附近災害修復工程
新北市萬里區公所	(104)新北市萬里區災害搶修復建工程
公路總局第四區養護工程處	(104)台8線181k+400白沙橋災害路段復建工程
台北市政府公園路燈管理處	(104)仙樹公園周邊邊坡整體改善工程
公路總局第四區養護工程處	(105)台9線139k+400~139k+500(104年9月杜鵑颱風)邊坡保護工程
桃園市政府風景區管理處	(105)馬勒卡及梅姬颱風小烏來長虹橋邊坡及道路掏空災害復建工程
屏東縣政府	(105)來義鄉屏110線10K+700、10K+800等擇要路段上邊坡災害復建工程

工程名稱：台21線216K+700～800
崩坍地落石防護網及邊坡
穩定金屬網安裝工程
業 主：交通部公路總局
臺灣營建研究院
完工日期：96年7月



工程驗效追蹤



None !

掛網岩栓護坡範圍

工程驗效追蹤(完工滿10年)



工程名稱：台23線39K+410~39K+510邊坡防避災工程

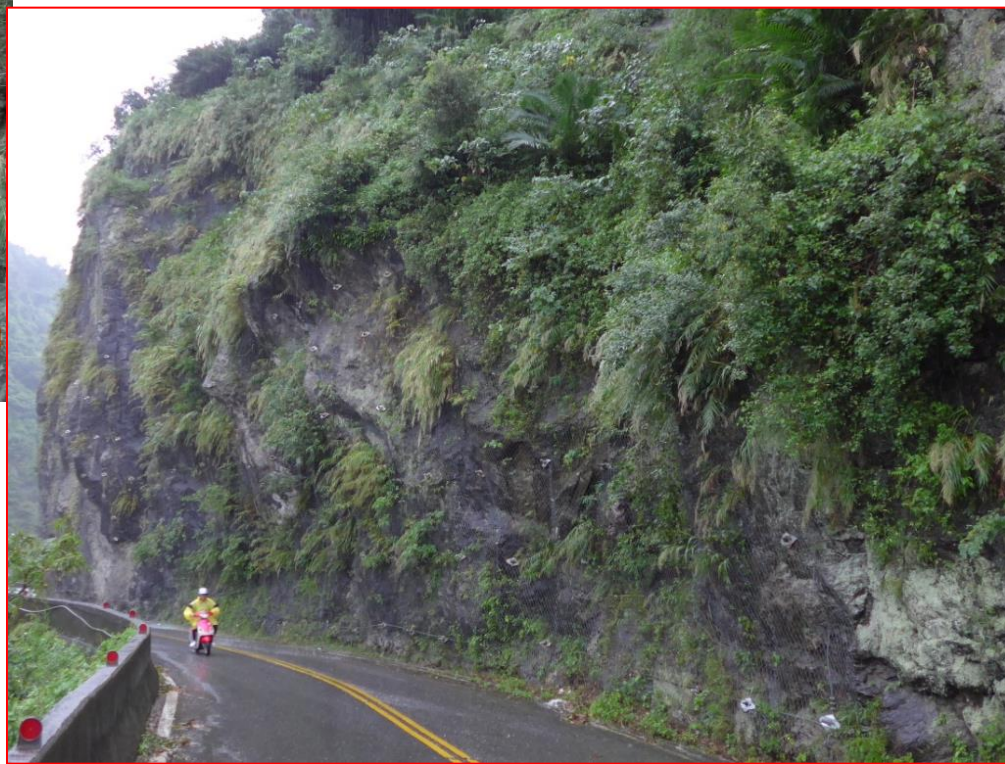
業主：公路總局第三區養護工程處

完工日期：2015年1月

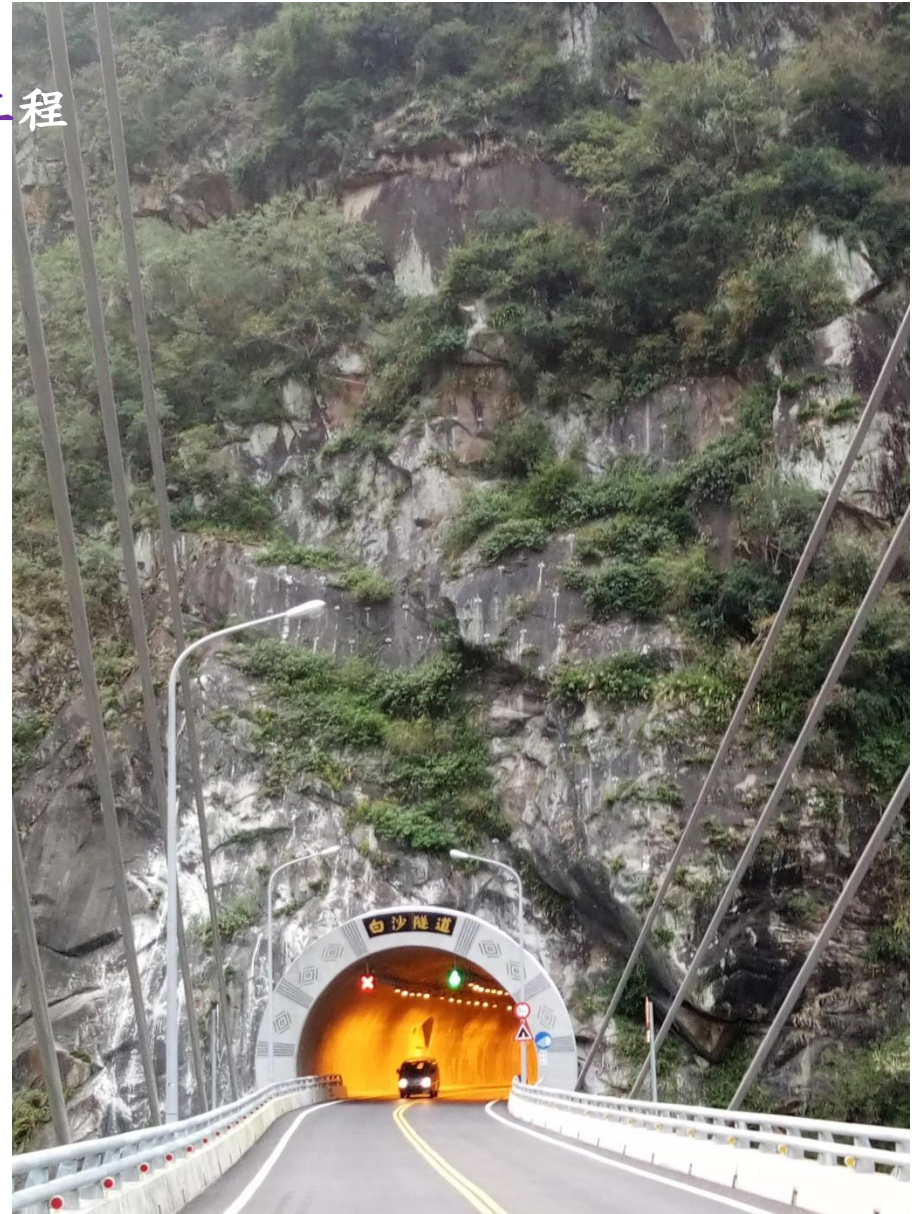


施工前

完工後1年半



工程名稱：台8線181k+400白沙橋復建工程
業主：公路總局第四區養護工程處
完工日期：2018年1月



工程名稱：台20線197K+310~197K+355杜鵑颱風豪雨災害修復工程

業主：公路總局第三區養護工程處

完工後實況

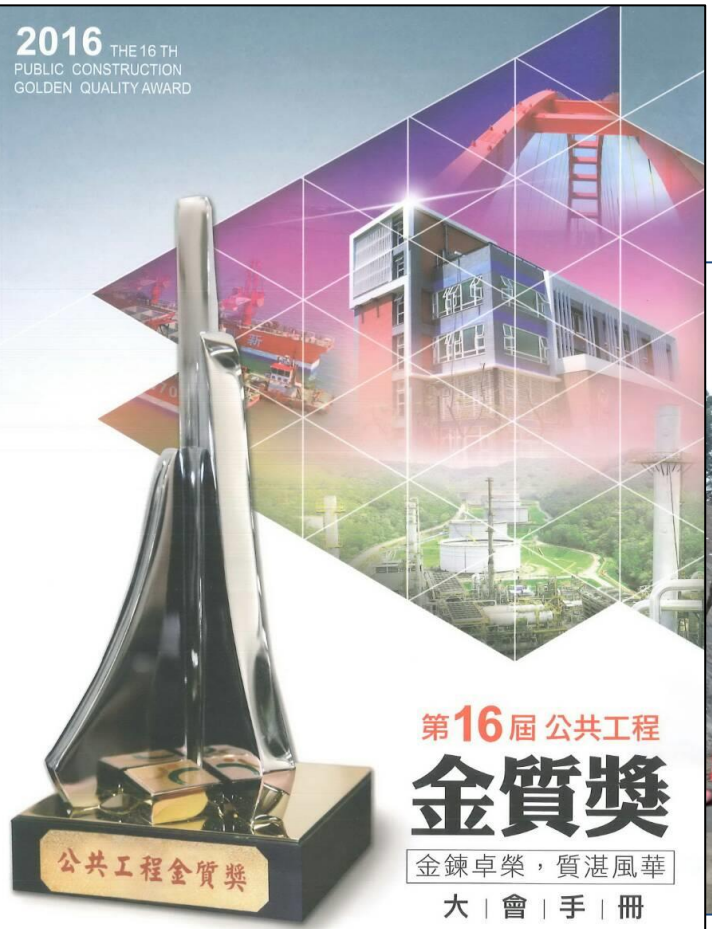
完工日期：2016年8月



工程名稱：仙樹公園周邊邊坡整體改善工程

業主：台北市政府工務局公園路燈管理處

完工日期：2016年6月



2016 THE 16TH PUBLIC CONSTRUCTION GOLDEN QUALITY AWARD

土木工程類〔優等〕
仙樹公園周邊邊坡整體改善工程

主辦機關 ▶ 台北市政府工務局公園路燈工程管理處 設計單位 ▶ 亞柏技術顧問股份有限公司
監造單位 ▶ 亞柏技術顧問股份有限公司 施工單位 ▶ 瑞健營造有限公司

一、工程概述

本案因關山開路、地質構造、坡趾護坡移除、地下水位及水壓上升，導致內湖區環山路一段 59 巷 14 弄邊坡多次發生落石，造成民眾財產損失。邊坡整治融入防災與生態的概念，減少混凝土用量，採用「岩坡穩定金屬網系統」，增加植生綠化，還給市民安全、綠美化的居住環境。

二、工程之創新性、挑戰性及周延性

1. 創新性

- ① 節能減碳：
邊坡整治融入防災與生態概念，採用「岩坡穩定金屬網系統」，相較一般混凝土護坡工程減少 CO₂ 排放量。
- ② 3D 模式規劃設計：
採用 AutoCAD Civil 3D 軟體分析，以現場測量數據建構 3D 模式。
- ③ 全方位的工程紀錄：
施工前採用四軸飛行器 (UAV) 及 720 度環景攝影，補充地面勘查不足，施工中用縮時攝影記錄工程，施工後以四軸飛行器拍攝完工樣貌，完整詳實記錄。

2. 挑戰及周延性

- ① 施工腹地小，需與居民協商材料進場、施工封閉道路時間。

- ② 緊鄰住宅，開工前辦理說明會，考量施工噪音影響居民，避免例假日及休息時間施工影響居民作息。
- ③ 岩性及金屬網放樣，坡面 2.5m 為一間距進行放樣，以尼龍繩順應坡面固定放樣標註記號，岩柱逐一編號打設，完成後採全站經緯儀使用三次元測量方式檢視，誤差值僅 0.8%。
- ④ 順應坡面地形、地物進行樹木修剪並予以保護。

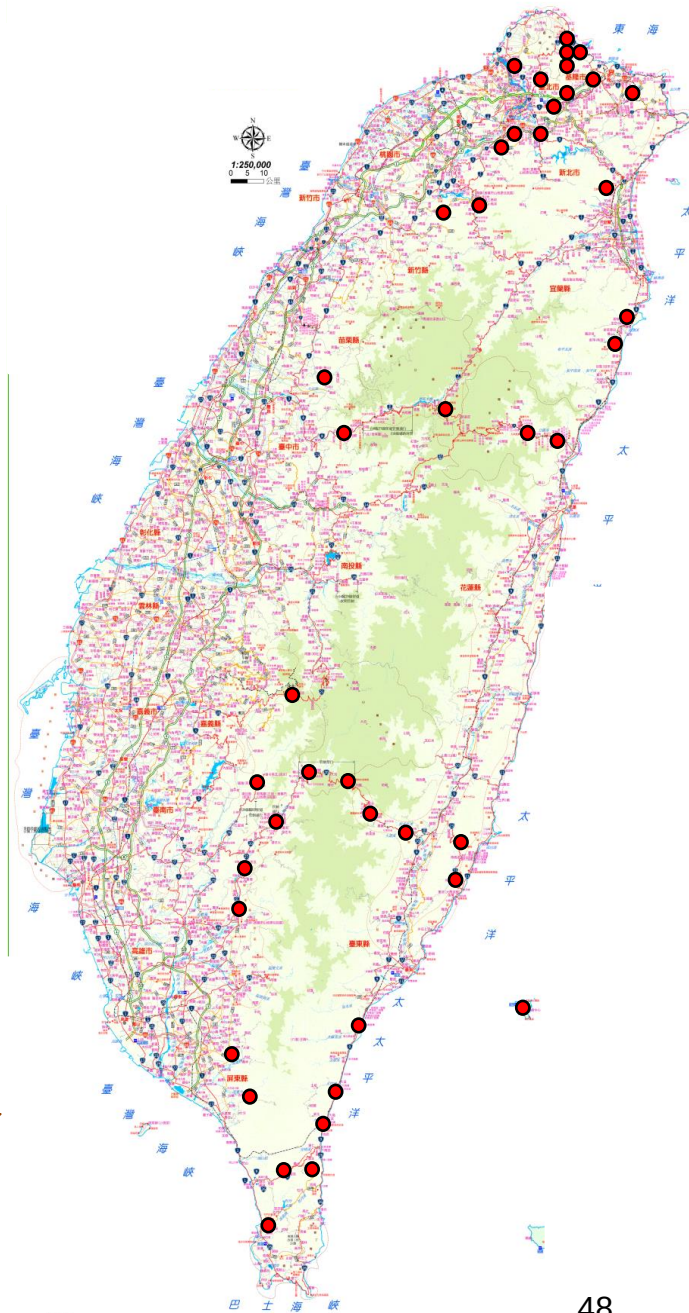
三、工程優良事蹟及顯著效益

1. 採「岩坡穩定金屬網系統」，化「危坡」為美麗「青青草坡」，給民眾安全居住的環境。
2. 節能減碳，減少混凝土用量 599m³，減少 CO₂ 排放量 393.35 公噸。
3. 順應坡面地形、保留既有樹木 135 株。
4. 保留坑齡 200 年以上「鴨母嶺拖龍坑」，保護舊礦坑遺址。
5. 嚴格職安檢查，工程零工安事件。
6. 105 年度臺北市政府工程施工查核獲評 87 分（甲等）成績，施工成果獲肯定。
7. 內湖區西湖里及居民感謝及肯定本工程的貢獻。

結語

- 預力+強度 → 學理根據
- 工序簡易 & 品質易管控
- 保土及排水性能良好
- 陡峭邊坡亦能有效整治

★ 具有結構效能的近自然工法 ★



兼顧 安全需求
景觀維護

簡
報
完
畢

