



行政院農業委員會水土保持局

Soil and Water Conservation Bureau,
Council of Agriculture, Executive Yuan

優質·效率·團隊



金屬防護網於邊坡及土石流防護之應用

Application of Metal Net in Protection of Slope and Debris Flow

水土保持局技術研究發展小組

黃奉琦

20170117



背景

- 居住、活動場所選擇溪畔及山坡台地且溪流均屬陡坡急流型，沿溪畔開發道路造成沖蝕、淘空，上下邊坡落石及土石流重複發生。
- 因落石事件而造成國家賠償案件不斷發生，造成維護人員及用路人之困擾。

<https://www.youtube.com/watch?v=LUUeBRZ-lOg>

落石防護

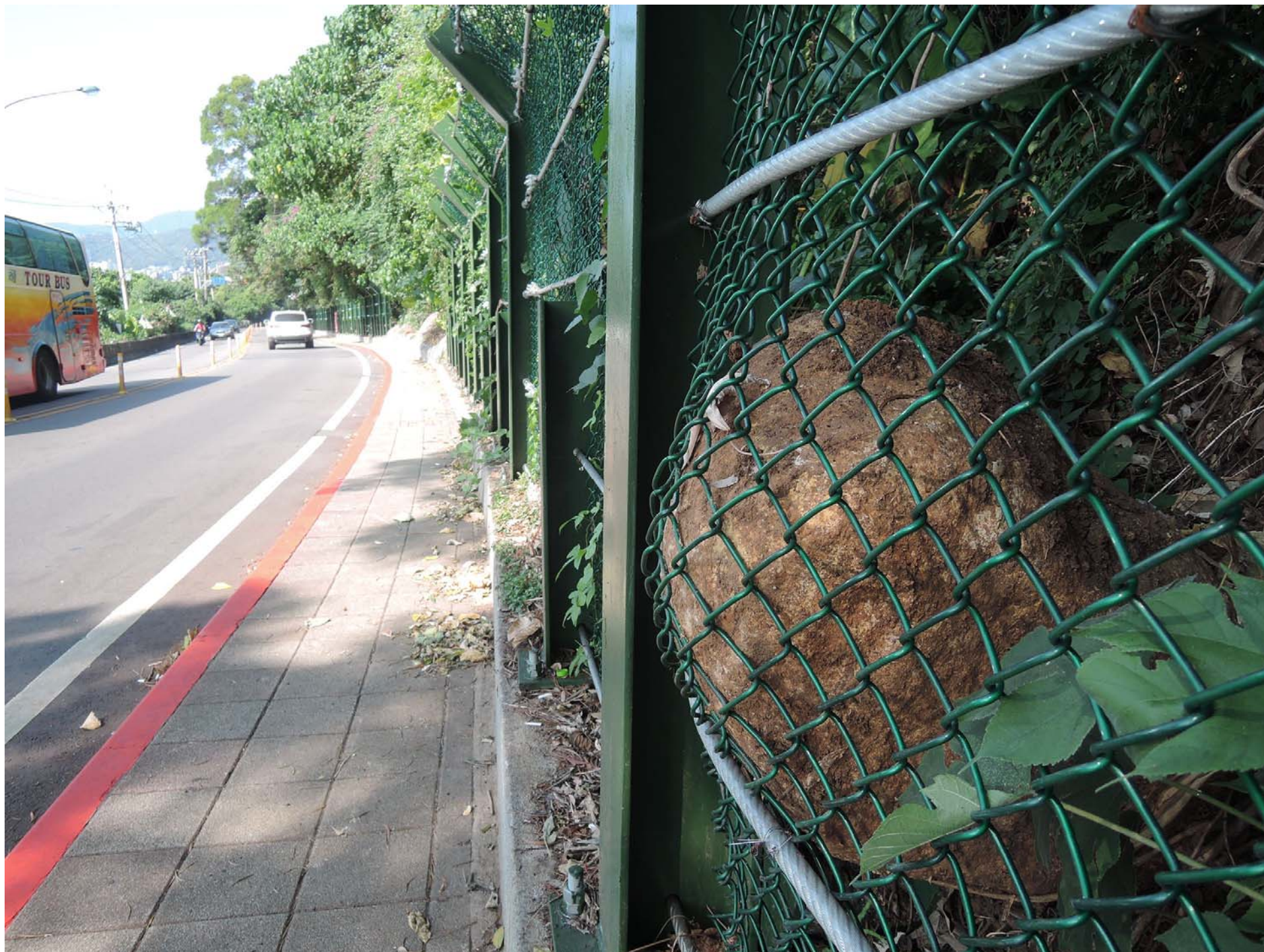
- 落石防護工程計
 - － 坡面噴凝土固結
 - － 防落石網
 - － 防落石柵
 - － 明隧道工法

各種工法使用上均有其特性及存在的問題



台北市政府大地工程處
仰德大道二段









系統設計趨勢

- 柔性消能結構取代剛性結構

基本設計原則

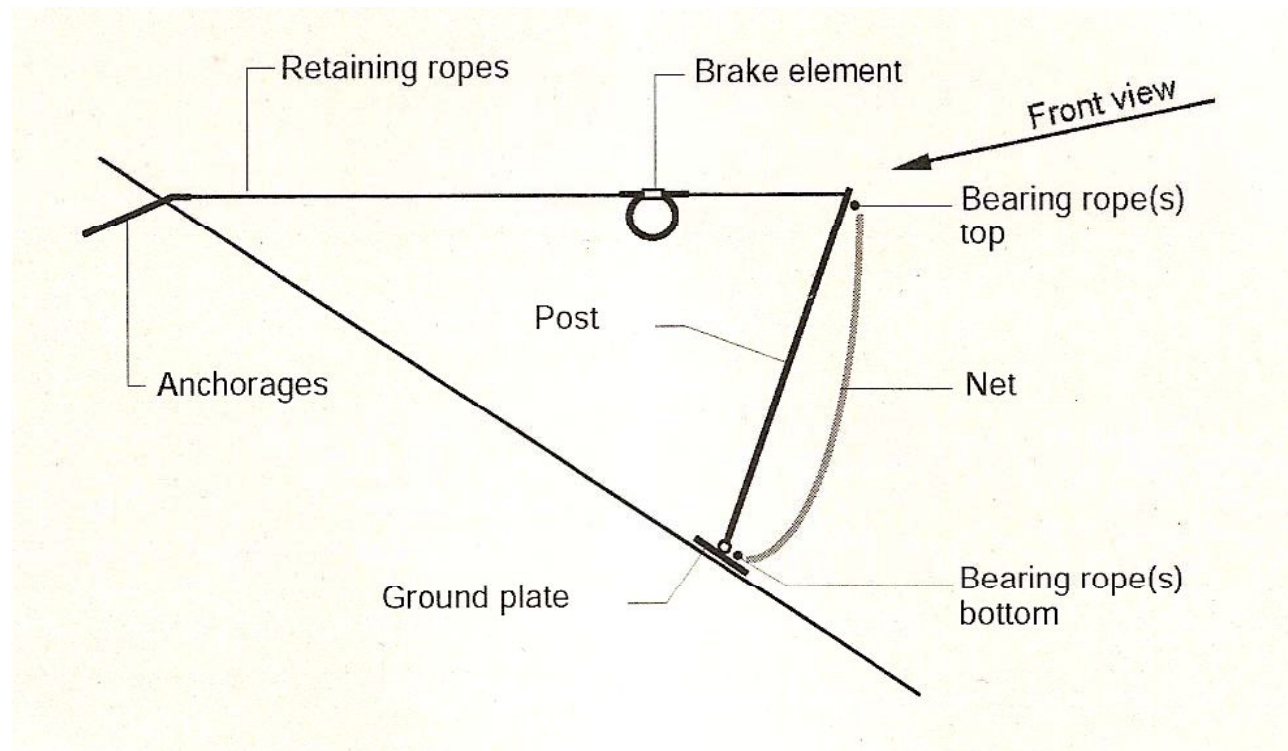
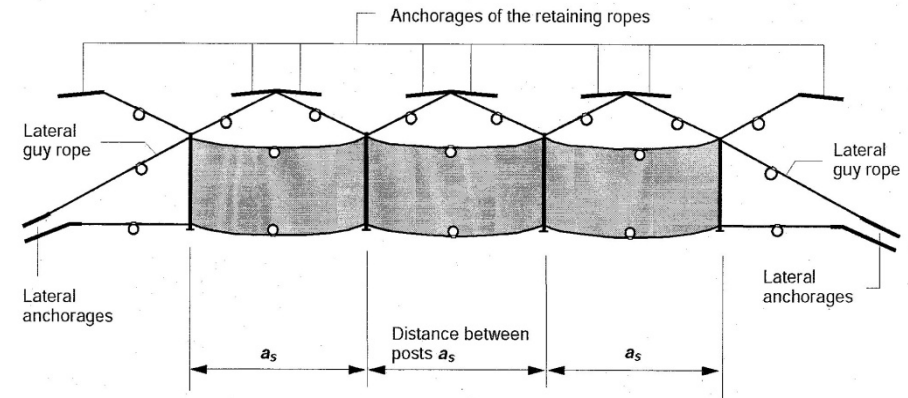
- 易安裝
- 耐久性
- 環境衝擊影響最低，

系統設計趨勢

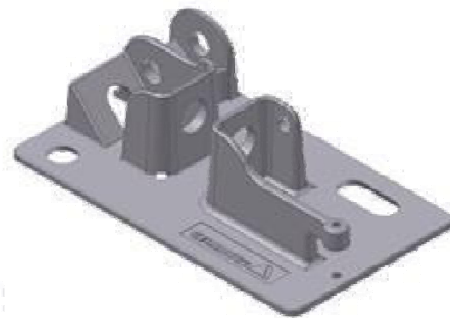
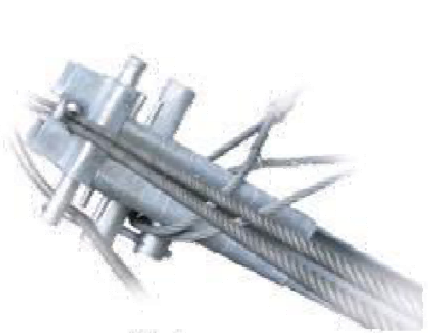
採用輕質結構，配合消能阻尼裝置。

- 防落石柵

- 由彈性鋼纜環網、
- 鉸接鋼柱、
- 支撐鋼纜、
- 消能環及錨錠鋼纜等元件



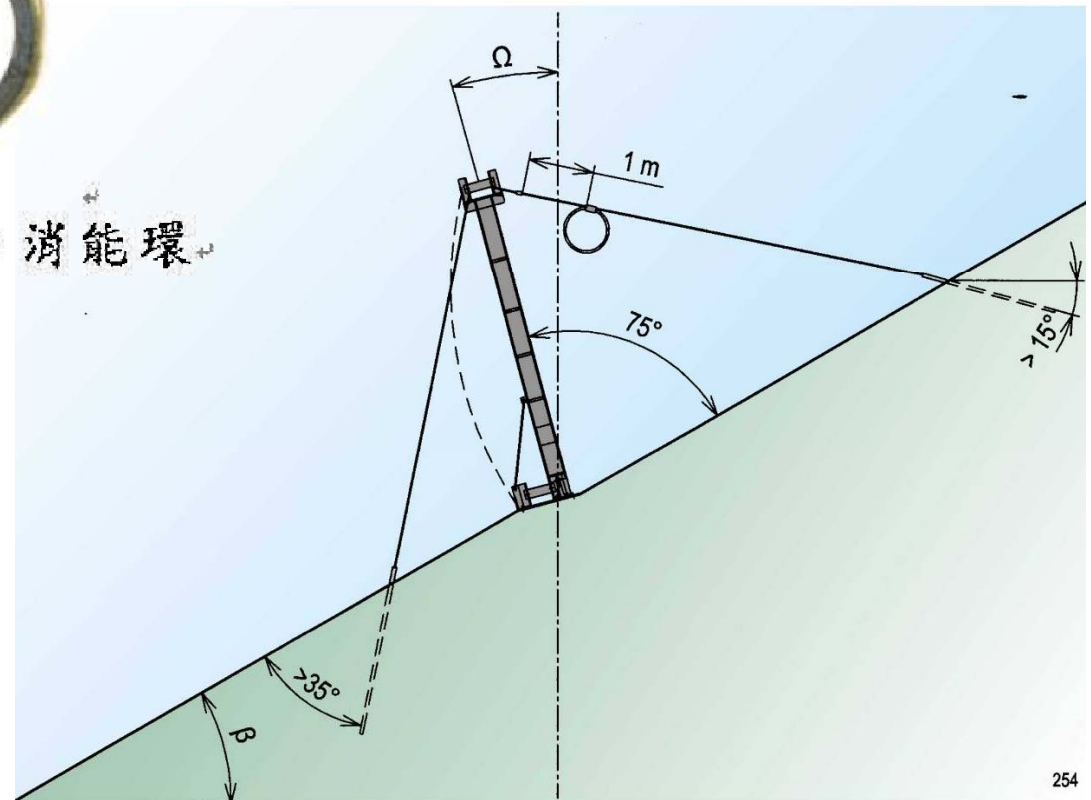
Geobrugg



(1) 立 柱 (2) 基座鈑 (3) 錨錠鋼索



(4) 環形網元件 (五) 消能環



Geobrugg

- 網體為消能彈性鋼線圈網

落石撞擊時，利用系統本身之彈性，以變形擴張方式吸收撞擊所產生之動能。

- 分離式基座及活動立柱

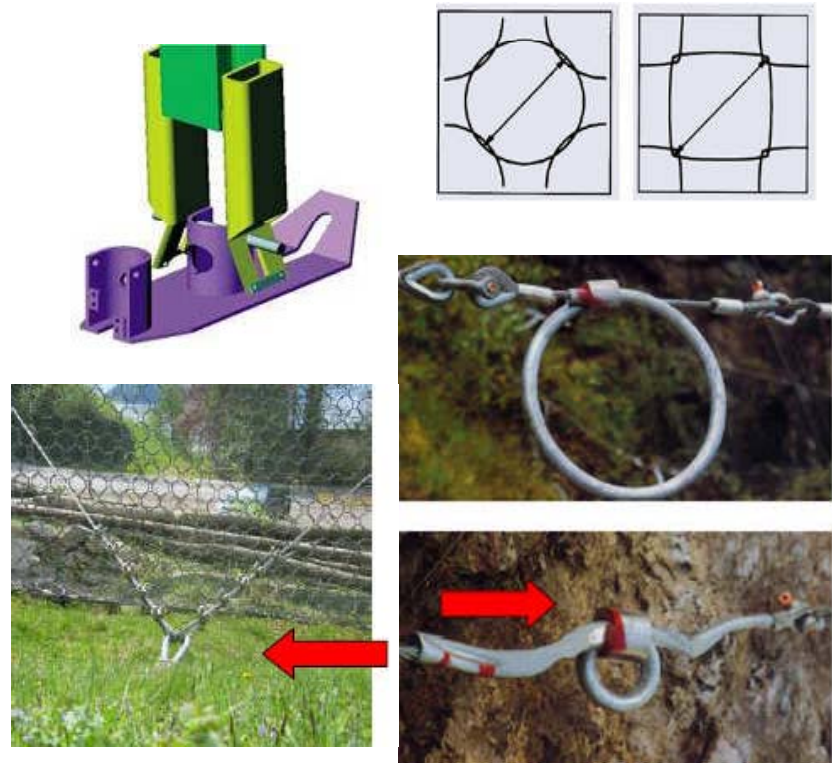
基座鈑與立柱採鉸接接合，可使立柱承受落石衝擊力時產生旋轉位移吸收衝擊能量。

- 鋼纜配置消能環

於承受衝擊時，能夠以變形收斂能量，當其完全發揮功能，收縮後必須予以置換。

- 支撐鋼纜採柔性鋼纜錨釘

優點為移動方向與落石撞擊方向相同，且落石直接撞擊時，並不會導致螺旋狀錨定桿件斷裂。



防落石柵系統試驗 示意圖

- LEGEND:
1: Start of braking on contact with the net
2: Maximum deformation
= braking distance b_s
3: Position of the rock after the impact
= end position b_e

Position of the bearing ropes in the centre of the section

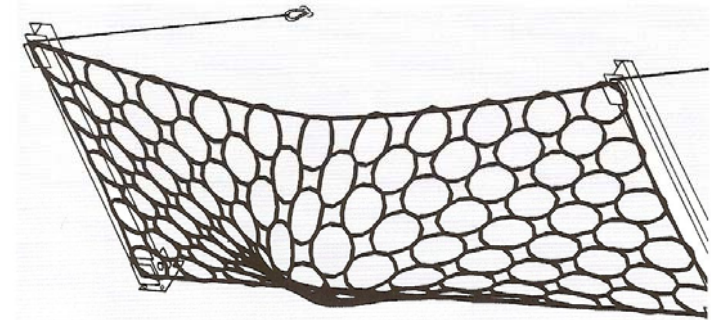
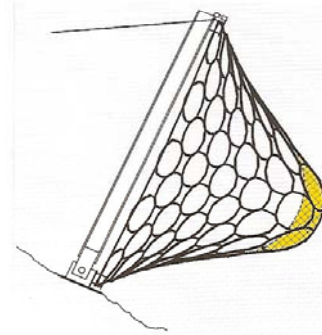
Length of the net l_n

Distance between ropes a_n

End position b_e
Braking distance b_s

Ring net deformation capacity

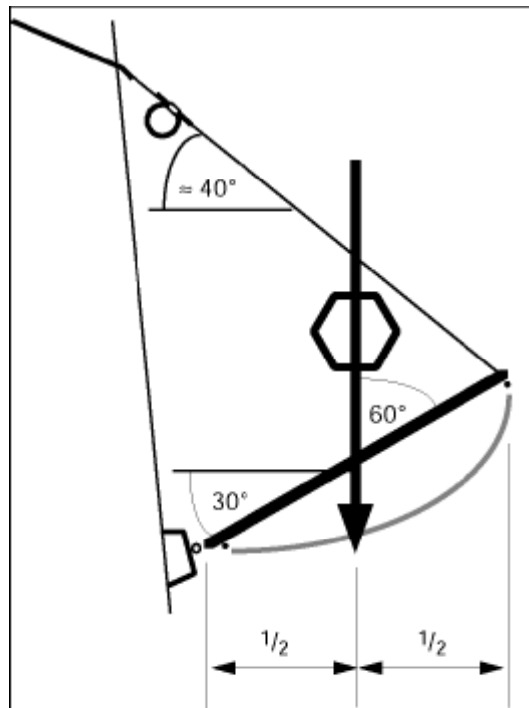
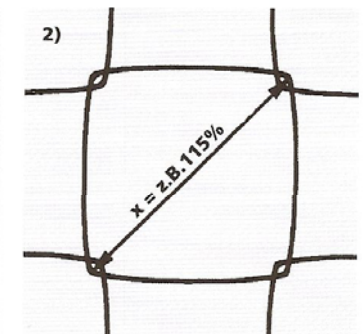
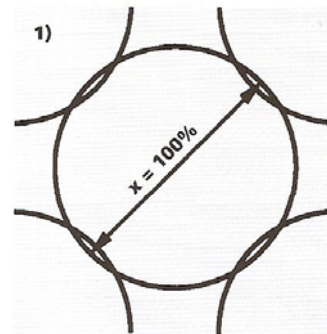
- elastic
- plastic



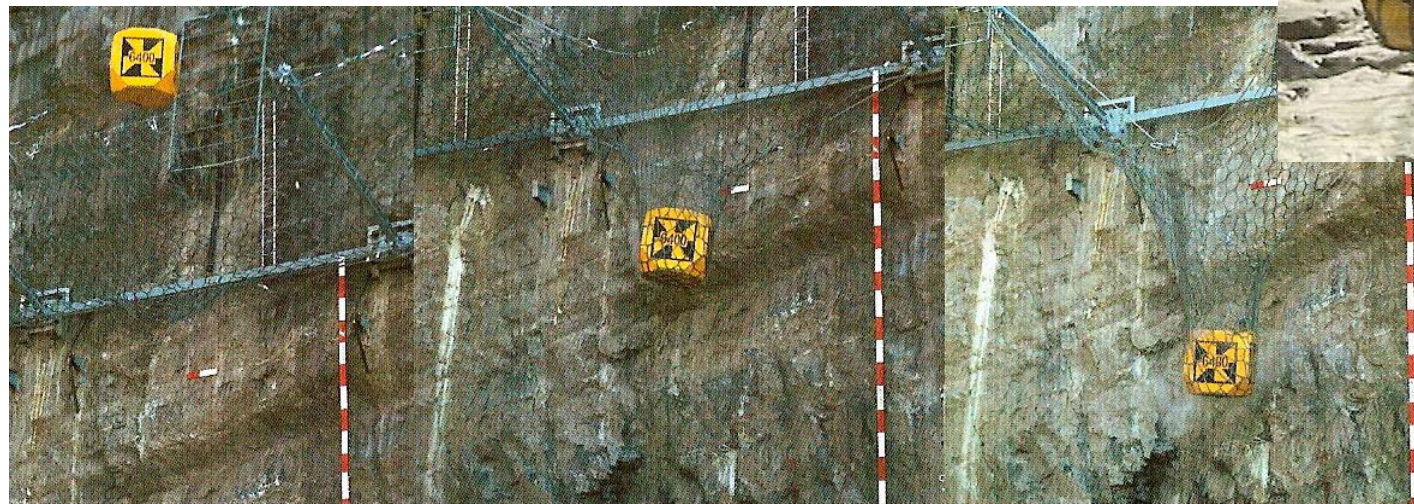
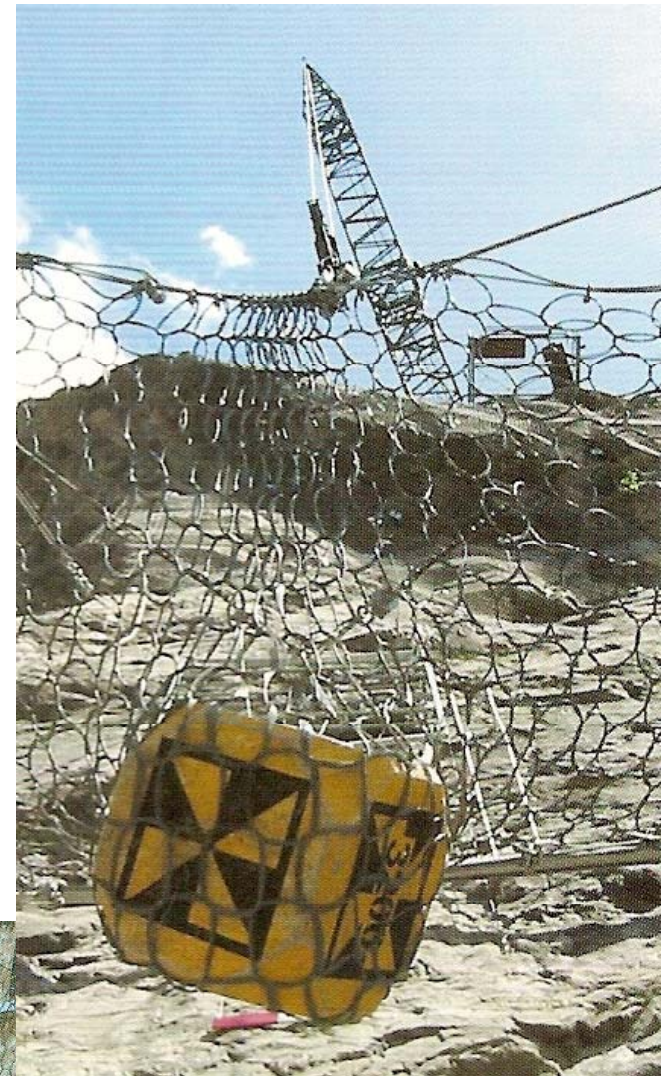
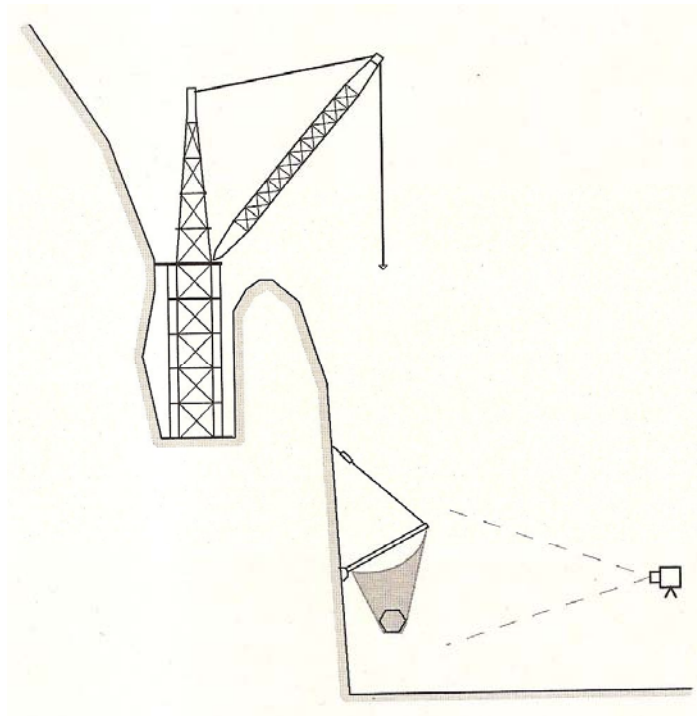
Only when the elastic absorption capacity of the ring net is exceeded do the rings begin to deform plastically.

1) Ring bundles before and after «daily events». Brake rings were not activated.

2) Ring bundles with plastic deformation after a major event, at which point the residual energy is conducted into the rope brakes.

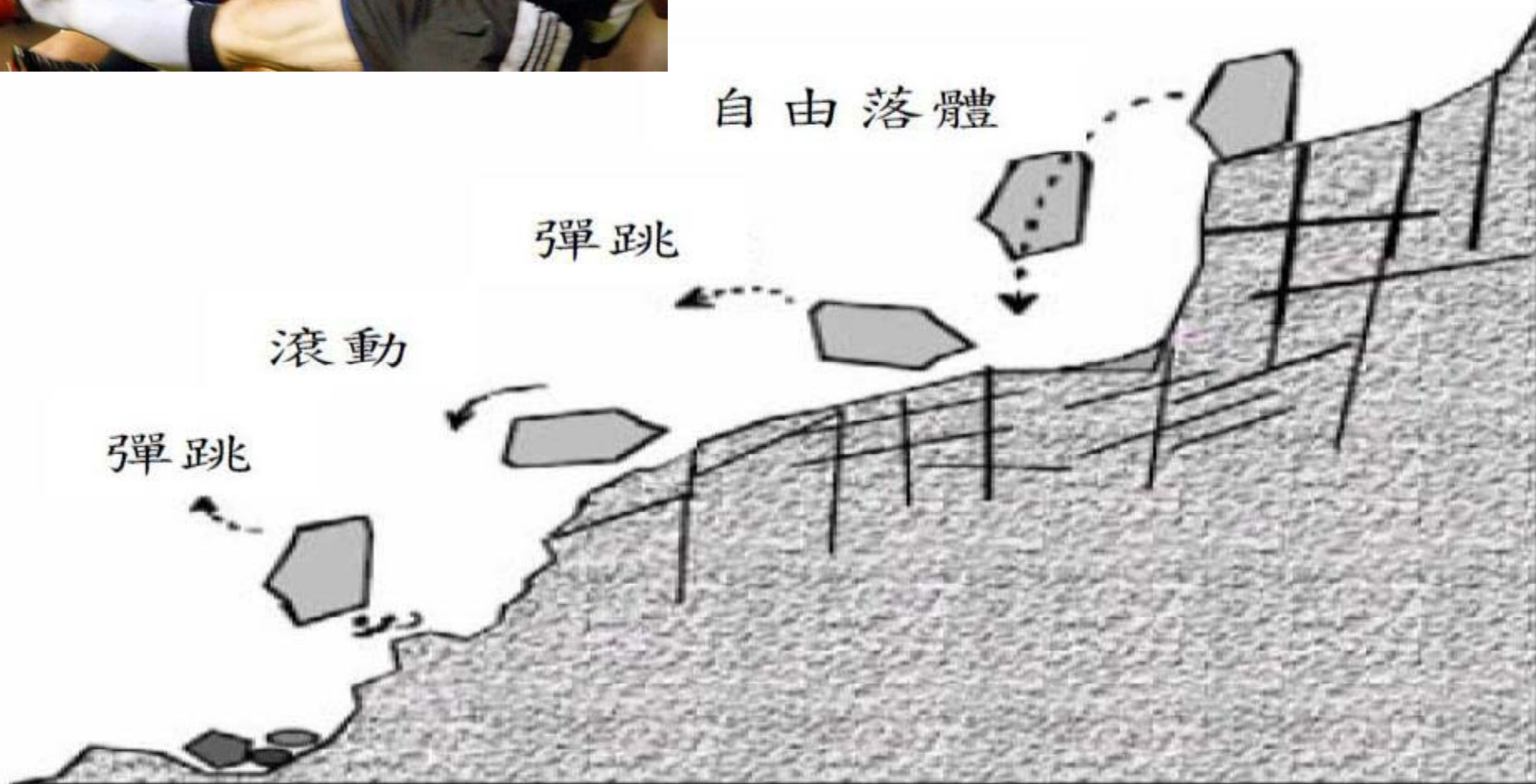


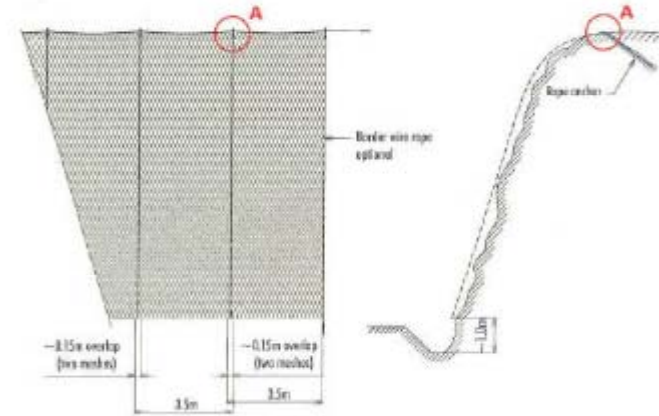
防落石柵系統實地試驗



Geobrugg







「帷幔(curtain)」系統，將防護網利用錨頭與金屬桿件固定於坡頂，張力金屬網則沿著坡面自然披掛，以控制落石彈跳路徑，而達到限制落石墜落範圍之防護原理。



邊坡穩定防護網



落石防護網



邊坡落石防護網



土石流防護網

於2006年5月18日

由瑞士聯邦森林冰雪與地形保護研究院（WSL）於瑞士Illgraben所進行現地全尺寸試驗，模擬承受 $15,000 \text{ m}^3$ 之土石（速度約 3.0 m/s ）衝擊後，成功攔阻約 $1,000 \text{ m}^3$ 土石。

設計準則：

依據經驗公式計算土石立方體積及其動能



繩索錨鉤Rope anchors

翼端繩索Winglet rope

上部支承繩索
Top support rope

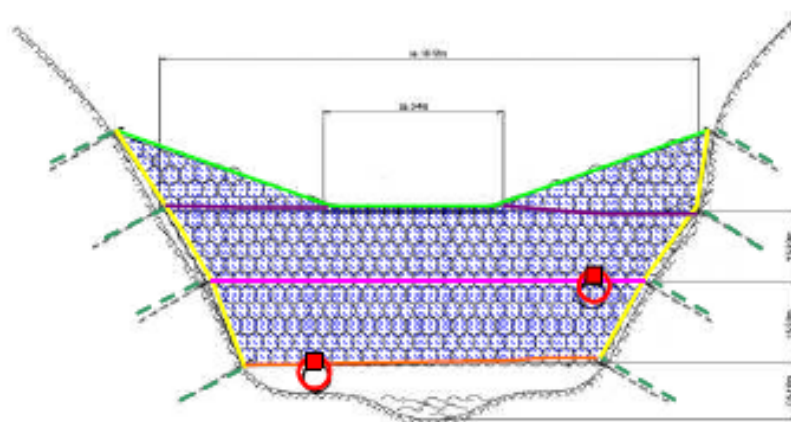
中部支承繩索
Middle support rope

邊緣繩索Border ropes

底部支承繩索
Bottom support rope

消能環Brake rings

環網Ring net



繩索錨鉤Rope anchors

支柱Posts

上部支承繩索
Top support rope

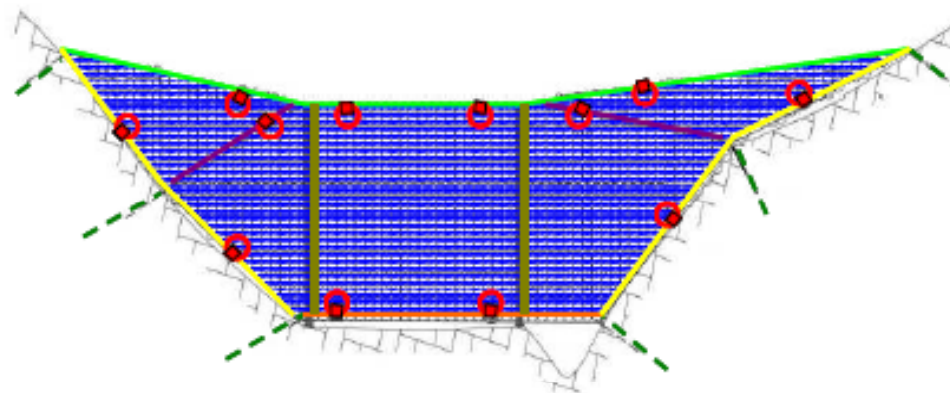
側向錨鉤繩索
Lateral anchor ropes

邊緣繩索Border ropes

底部支承繩索
Bottom support rope

消能環Brake rings

環網Ring net





工程案例

交通部公路總局第三區養護工程處
甲仙工務段養護管理道路

- 台21線202K~267K
(高雄縣三民鄉~旗山鎮)65KM

台21線216K+700 邊坡防護網





216K+700施工現場邊坡整理

岩釘



鋼索地錨



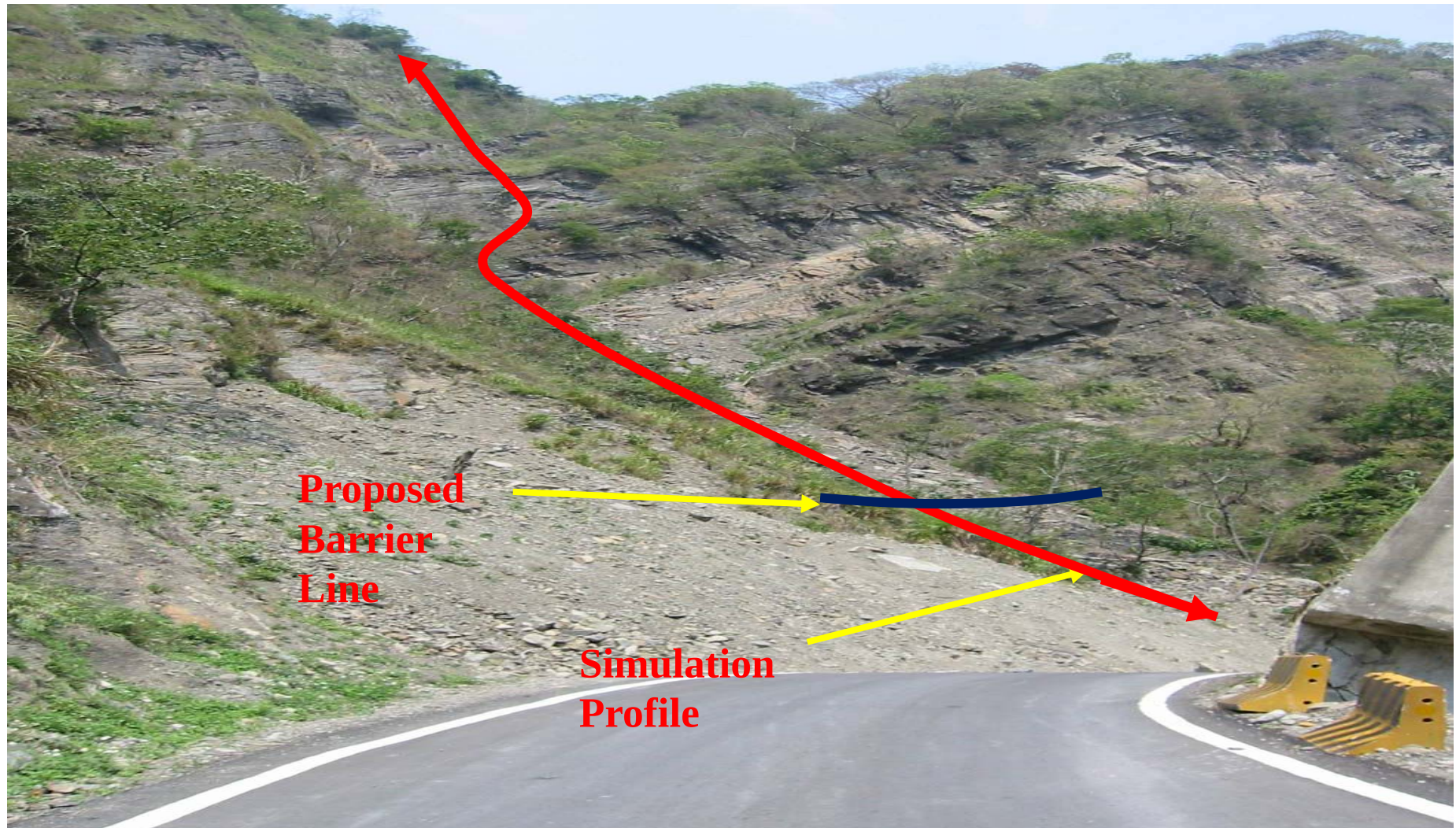


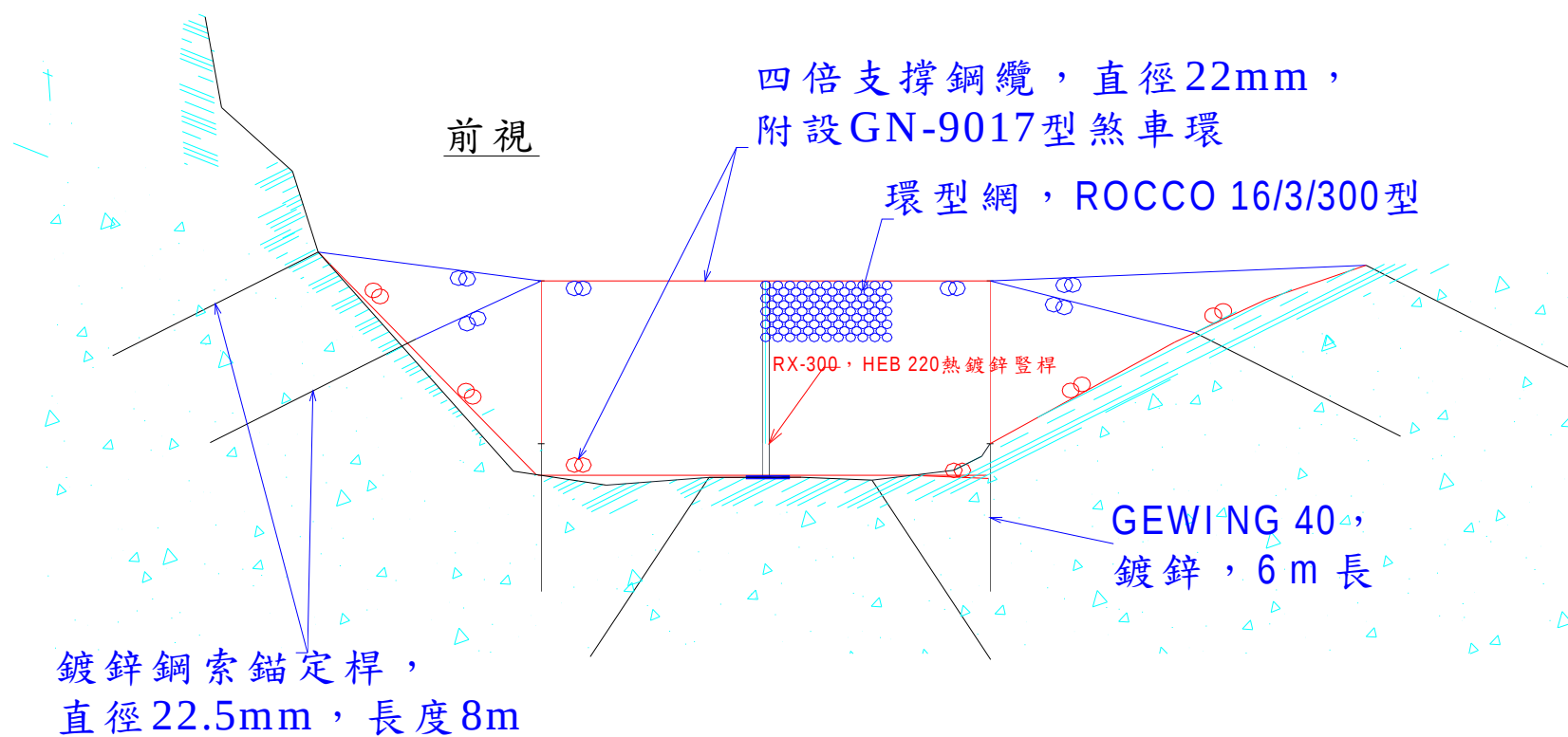
216K+700施工現場防護網吊掛





台21線216K+800 防落石柵



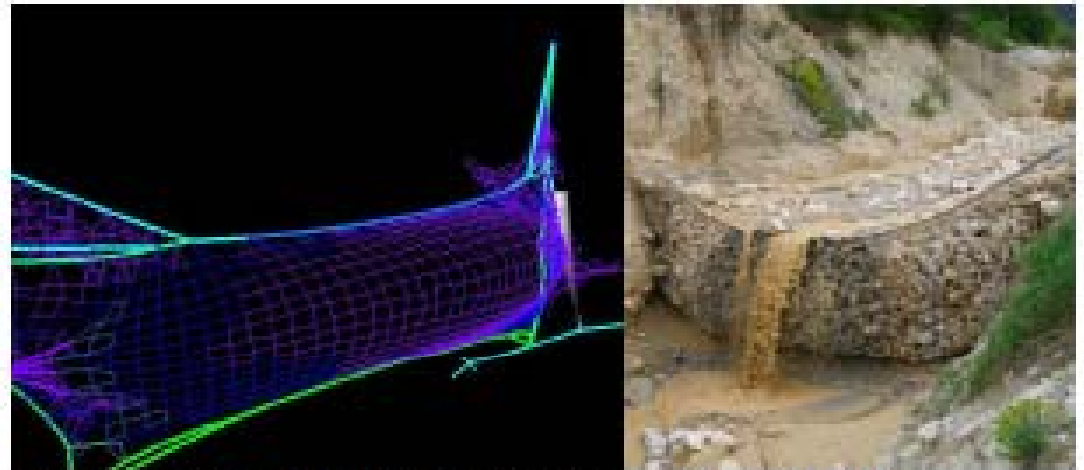
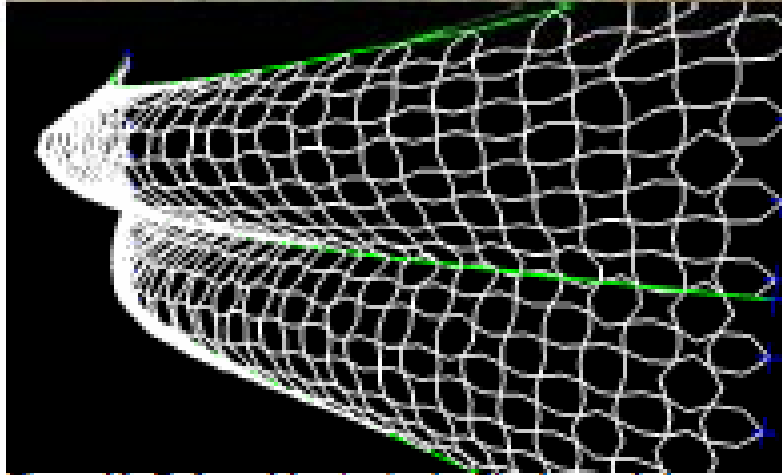






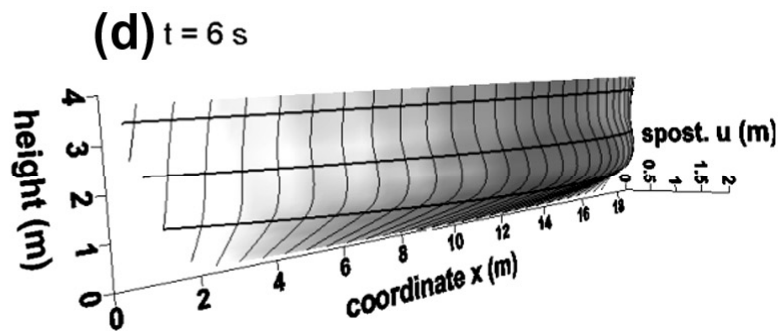
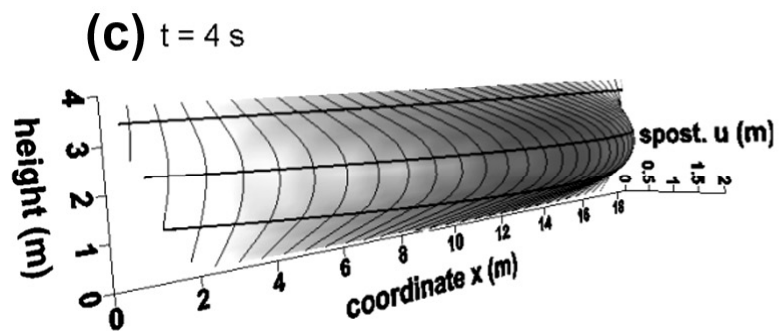
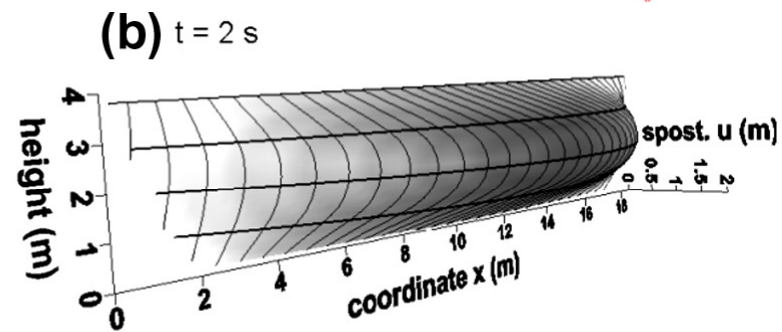
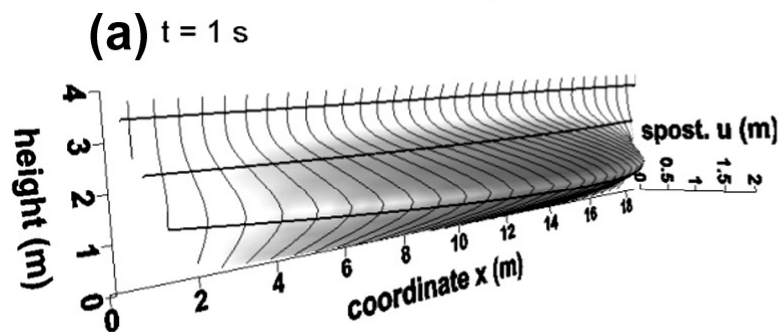
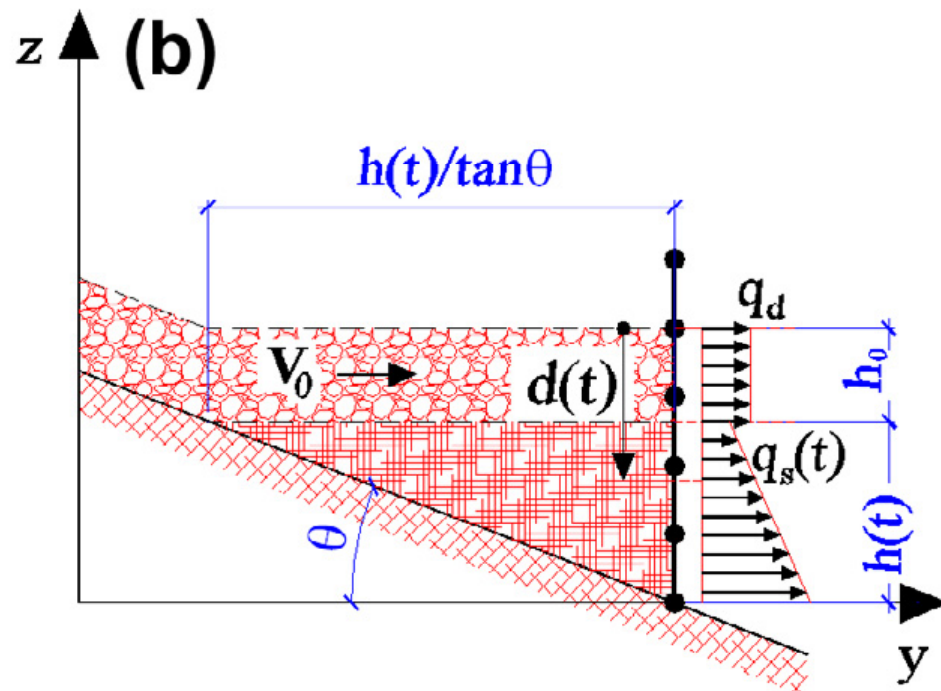
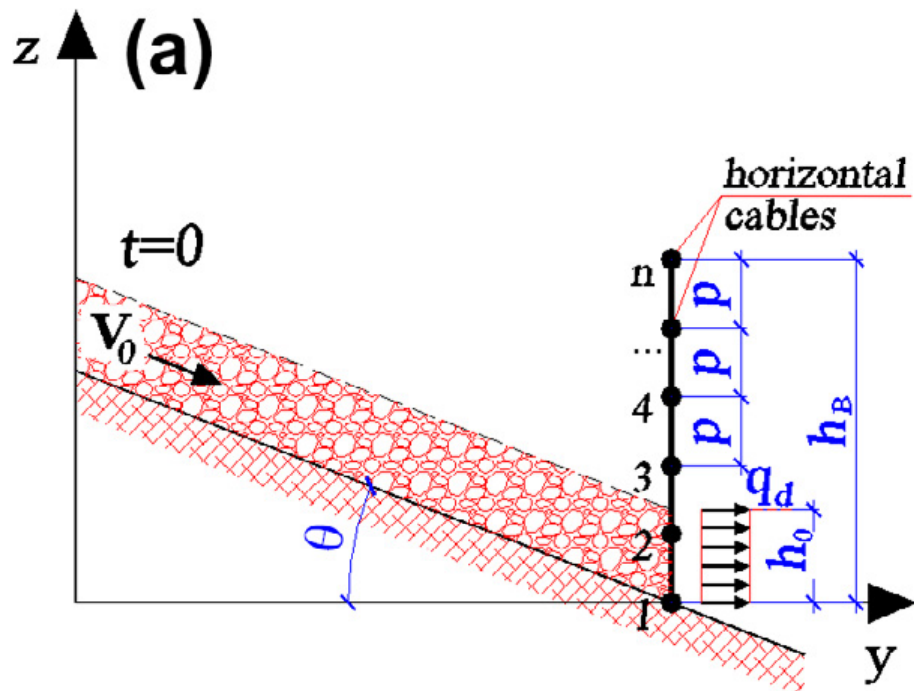


Finite element model of the test barrier compared to the deformed field barrier.



Deformed barrier in the Illgraben and the corresponding simulation.





文獻

- 王慶雄、陳進德、劉英偉（2011），「邊坡穩定防治的另一種選擇—金屬網」臺灣公路工程，第37卷，第3期，頁數2-15。
- G. Lollino et al., (2015), “Multiple Load Case on Flexible Shallow Landslide Barriers: Shallow Landslide and Rockfall,” Engineering Geology for Society and Territory, Vol 2, pp.473-477.

<https://www.youtube.com/watch?v=LUUeBRZ-lOg>

Thanks for listening



行政院農業委員會水土保持局

Soil and Water Conservation Bureau,
Council of Agriculture, Executive Yuan

優質·效率·團隊

