

梨山地滑區之整治-以台 7 甲線 69k+100 松茂地滑區為例

呂正安⁽¹⁾ 張光宗⁽²⁾

摘要

臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊交會處，板塊運動發達，加以南北狹長及中央山脈縱貫，故多處可見陡峭破碎之邊坡。氣候多雨，常誘發邊坡崩坍、滑動等，除影響通行外，亦損及經濟產業。中臺灣梨山地區位屬中高海拔，長期存在邊坡地滑問題，造成道路下陷、擋土牆破損及民房受損等，影響民生居行安全。整治工法需因地制宜，本文以台 7 甲 69k+100 (松茂) 地滑為例，採用深層集水井搭配妥適規劃集、排系統，整治效果經佈設地表及地中等監測設備，經 1 年 8 個月之監測顯示邊坡已趨穩定，結構未有再因地滑受損情形。

關鍵字：邊坡、地滑、深層集水井

The Remediation of Lishan Landslide – a case study in Tabuk landslide in the Provincial Highway 7a 69k+100

Cheng-An Lu⁽¹⁾ Kuang-Tsung Chang⁽²⁾

PhD Student⁽¹⁾, Professor⁽²⁾ Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taiwan

ABSTRACT

Taiwan is located at the intersection of Eurasian Plate and Philippine Sea Plate. The plate movement is significant. It causes geological fragmentation of Central Mountain with steep slopeland on the island. The rainy climate is often on the island, which induces slopeland sliding easily. It not only damages traffic passageway, but also affects economic industries. Lishan area suffers the problem of long-term landslides, so that it affects the safety of people's livelihood, such as road subsidence, retaining wall destruction, housing damage. The remediation methods were needs for local conditions. The remediation of landside in Tabuk in the Provincial Highway 7a 69k+100 was drainage wells of deep groundwater collection wells with proper planning of the watershed and drainage system. After the installation of surface and underground monitoring equipment during 1 year and 8 months, the results show that the slopeland has been stabilized, and the constructure in the area has not been damaged because of no significant landslides.

(Keywords: slopeland, sliding, groundwater collection well)

¹ 國立中興大學水土保持學系 博士生 (通訊作者 email: franklu1036@gmail.com)

² 國立中興大學水土保持學系 教授

一、前言

邊坡災害類型眾多，依運動類型大致分為山崩、土石流及地滑。其中，山崩為邊坡塊體突然與邊坡分離墜落；土石流則肇因於土砂堆積量足夠、坡度較陡，加上雨水誘發而造成土石伴隨水流向低處移動；而地滑係坡面沿一破壞面向下滑動，概略分為平面滑動 (Translational landslide) 與弧型滑動 (Rotational landslide) 滑動。致災類型不一，但對民生造成衝擊，甚至危及生命財產，卻是一致的。以中臺灣之梨山地區而言，對外交通常受落石影響，另中高海拔山區土石流較少發生，卻因野溪攻擊坡趾、地質不佳等因素，造成多處發生地滑。

地滑成因主要係邊坡上某一潛在滑動面上之剪應力超過地質材料之抗剪強度。由土壤力學之邊坡穩定可知，坡面之安全係數隨剪應力增加或剪力強度降低而變小。以梨山地區而言，部分邊坡之坡趾長年遭溪流沖蝕，造成側向支撐

逐漸消失，加之本身坡度較大，故剪應力逐漸提升；又長年受地震或先天地質較破碎，易生成裂縫，致雨水滲入或地下水之影響，造成抗剪強度降低。一增一減之間，長期以來終將達到臨界值，因而發生地層滑動現象。

陳鶴勳等 (2014) 提及梨山地滑自 1990 年迄今，相關單位治理及監測持續多年，早期水土保持局針對大區域地下水豐沛特性，採用地下排水廊道工法穩定梨山賓館等週邊地區，監測顯示地滑趨於穩定 [1]；林德貴 (2018) 針對梨山地區大規模地滑區採地下排水穩定工法之整治效益，經評估可有效且迅速集、排高強度及長延時降雨入滲，減緩邊坡惡化之不利影響 [2]。然而，近 10 年梨山較大規模道路邊坡災害主要發生在台 8 線 (或稱中橫公路) 93k+250 (榮興)、95k+800 (榮興) 及台 7 甲 (或稱中橫宜蘭支線) 69k+100 (松茂) 等路段，如圖 1。地滑通常會損及滑動範圍內之道路設施，如造成路面下陷、護欄破壞等，若鄰近有其他結構物，亦會受波及，如擋土牆開裂、房舍裂損或傾斜等 [3]。

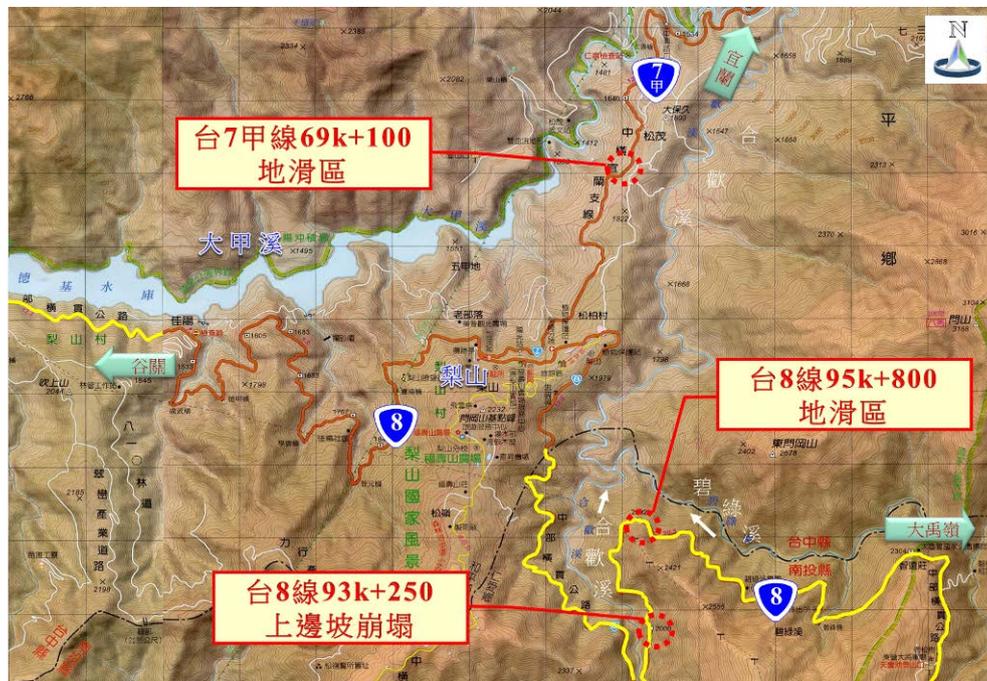


圖 1 梨山地區近年較具規模之地滑路段

地滑整治需進行地質詳細調查後，再因地制宜辦理改善，如上述台 8 線 93k+250 型框植生及 95k+800 路段採地錨擋土牆 [3]。本文主要以台 7 甲 69k+100 路段改善為主，其為老舊地滑路段，主因係地層破碎、地下水位高、坡趾受大甲溪攻擊等，致道路長期下陷、縱坡甚大而影響通行。又因整治涉及私人用地、鄰近民宅、民生果園等眾

多因素，複雜且具挑戰性，如圖 2。本文探討台 7 甲 69k+100 地滑路段之治理，從現況調查、地質探查、研擬合適工法等，又為了解整治成效，將近年現地監測成果一併納入，而監測結果顯示，深層集水井確為高水位地滑區段邊坡整治之有效工法，且可強化道路穩定以利通行安全。



圖 2 台 7 甲線 69+100 整治前坡面 (左) 及道路狀況 (右) 情形。

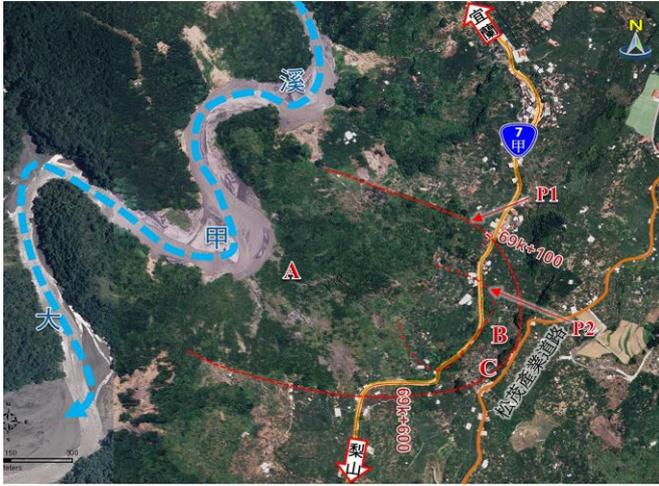
二、工址特性

2.1 邊坡

台 7 甲 69k+100 地滑路段位於松茂地區，故名松茂地滑。滑動塊體範圍如圖 3，P1 滑體長 400m、縱深 600m、面積約 20 公頃，P2 滑體規模較小，長約 180m、縱深 120m、面積僅約 2 公頃。下邊坡臨河側受大甲溪曲流攻擊，造成坡趾遭沖刷而漸失去穩定；另道路上邊坡多為崩積層，植生不茂盛，因而造成上方松茂產業道路之下路基持續陷落。整體而言，滑體呈現大範圍下滑之不穩定

本路段老舊崩塌地，早年曾受多次颱風侵襲，崩滑情形如圖 4。2001 年至 2004 年間，下邊坡計有 3 主要崩滑區，至 2004 年敏督利颱風侵襲後，因該颱風雨勢強烈（時雨量達 93mm），重創中臺灣，因而本地滑區內之 3 崩滑區皆擴大，值得一提的是，該颱風造成中橫公路上谷關至德基路段因重創而封閉休養 8 年，至 2012 年方有條件開放大梨山居民管制通行。其後雖再有多次颱風侵襲，惟雨勢規模明顯未如敏督利颱風之強度，故本路段邊坡裸露崩滑範圍呈現逐漸收斂之趨勢。

張光宗、呂安正：
梨山地滑區之整治、監測及成效-以台7甲線 69K+100 松茂路段為例



(1) 道路邊坡及河道情形



(2) A區-臨河測



(3) B區-路與邊坡



(4) C區-上邊坡頂之陷落崖

圖3 台7甲 69k+100 松茂地滑坡面情形

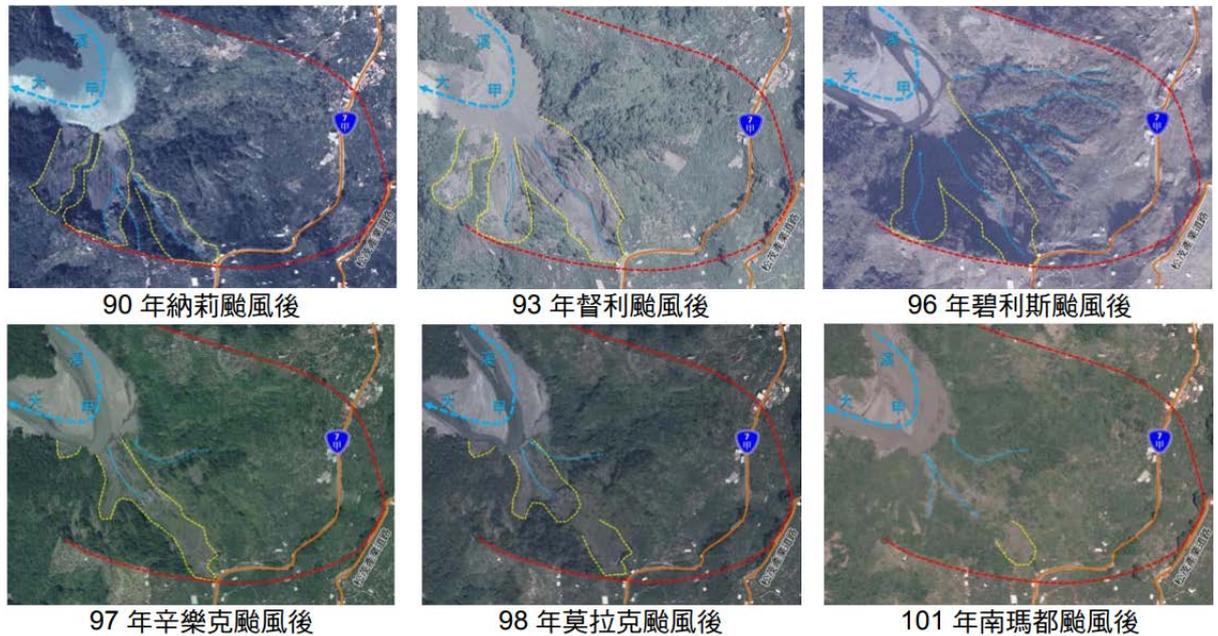


圖 4 早年颱風侵襲後松茂地滑崩塌範圍變化

2.2 現地調查

根據公路總局第二區養護工程處 2013 年調查研究成果 [4]，本路段崩塌區域長約 400 公尺，其下邊坡臨大甲溪，由東北向西南蜿蜒注入德基水庫上游集水區。大甲溪於本（松茂）崩塌地下邊坡形成凹岸攻擊坡，持續進行側蝕淘刷，為松茂崩塌地地滑之影響因素之一。而古崩塌地可能冠部位置約位於松茂產業道路位置，亦為稜線處，而主要滑動體冠部則位於台 7 甲線與松茂產業道路之間。

本區地層屬中新世廬山層，以灰黑色板岩及硬頁岩為主，偶夾薄層變質混濁砂岩及變質砂岩與板岩的薄互層，且

本層灰黑色的板岩有發育良好的板劈理。圖 5 為現地調查露頭情形：調查點 1，發現灰色輕度風化至新鮮板岩連續露頭，其板岩岩質尚屬完整，板劈理發達，露頭壁面乾燥無地下水滲出。調查點 2，道路邊坡為連續岩盤出露，岩性為灰黑色輕度風化板岩，板劈理發達，與自然坡面形成逆傾坡，多處節理呈開口狀，地下水流出情形。

另為掌握地下水位分佈範圍乃於現地進行地電阻試驗，分別位於道路下、上邊坡，如圖 6。由 R1 測線結果可知，地下含水量豐沛，且剪裂帶在地表下方約 60m；另由 R2 測線結果得知，道路上邊坡較無明顯地下水匯集，故本路段邊坡含水區主要位於下邊坡。

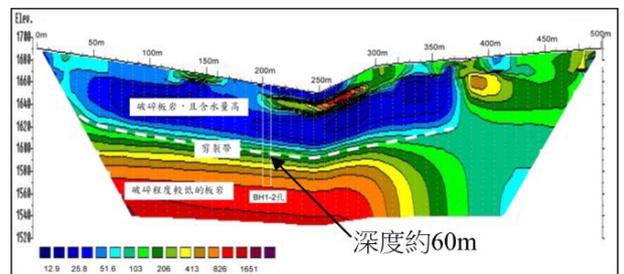
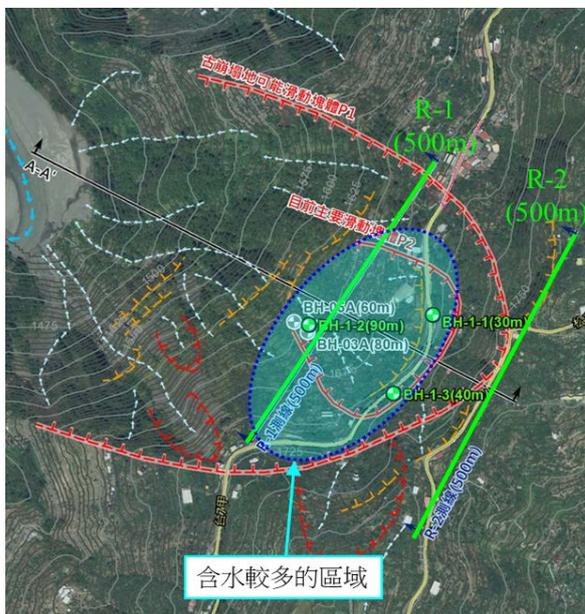


(1) 點位 01，灰色風化板岩劈理發達

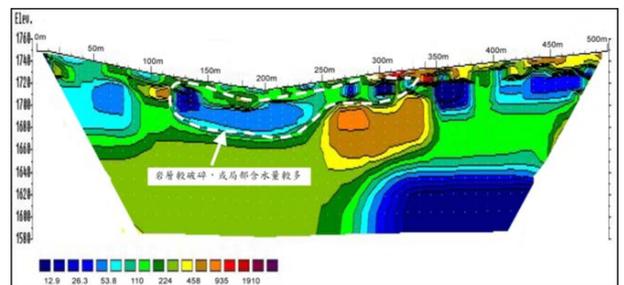


(2) 點位 02，路側岩壁地下水大量流出

圖 5 崩塌區內道路沿線露頭調查



(1) R1 測線地電阻結果



(2) R2 測線地電阻結果

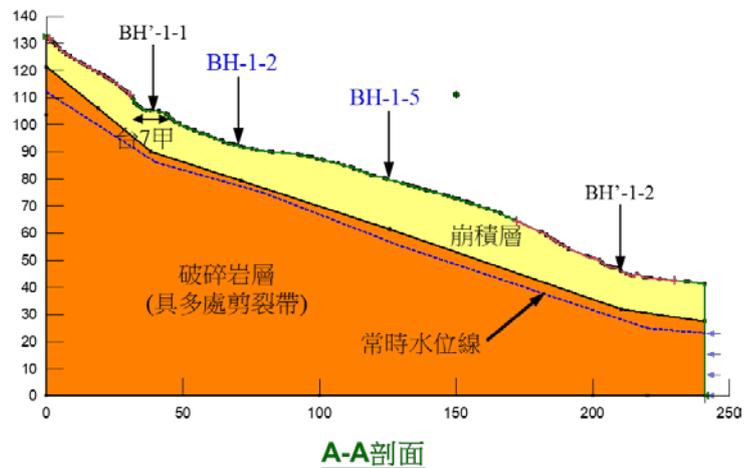
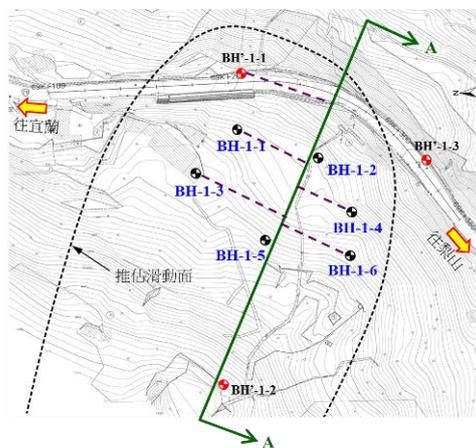
圖 6 利用地電阻調查現地含水層分布情形

2.3 致災成因研析

根據過去針對松茂崩塌地的諸多調查監測成果 [3] 及對本路段進行地質鑽探 [5] (如圖 7) 得知，松茂崩塌地地表為厚度不一之崩積層或高度風化岩盤所覆蓋，厚度約在 13.6~22.4m，其下則為板岩間夾變質砂岩，岩石完整性不佳，普遍呈現中度至高度破碎，且有多處為剪裂帶，造成地表下 20~25m 為一較易滑動之破碎面。另進行現地透水試驗，試驗結果顯示不論是崩積層或是岩層，其透水係數均甚大。再由水位孔得知，崩塌地區內常時地下水位約位於地表下 10~17m，透過水位監測資料得知本路段邊坡的地下水位普遍偏高，且降雨期間

地下水位上升幅度約 3~5m。再由過去監測成果得知，歷經多場颱風事件，本路段皆有持續滑移情形，意謂本崩塌地受豪雨誘發滑動之潛勢高。

由上所述，致災原因主要為：松茂崩塌地因坡趾位於大甲溪凹岸攻擊坡處，又地層風化破碎深度甚深，易於蓄積地下水於破碎板岩內，當豪雨來襲時易入滲而導致滑動體飽和，並增加滑動體自重及減少顆粒間之摩擦力，在下滑力增加及體材料之抗剪強度減低之情形下，因而造成坡體陷落滑動。因坡體不穩定造成路基陷落形成張力裂縫，連帶造成道路及鄰路結構受損，路基構陷長度約 100m、沉陷深度約 3m，如圖 8。



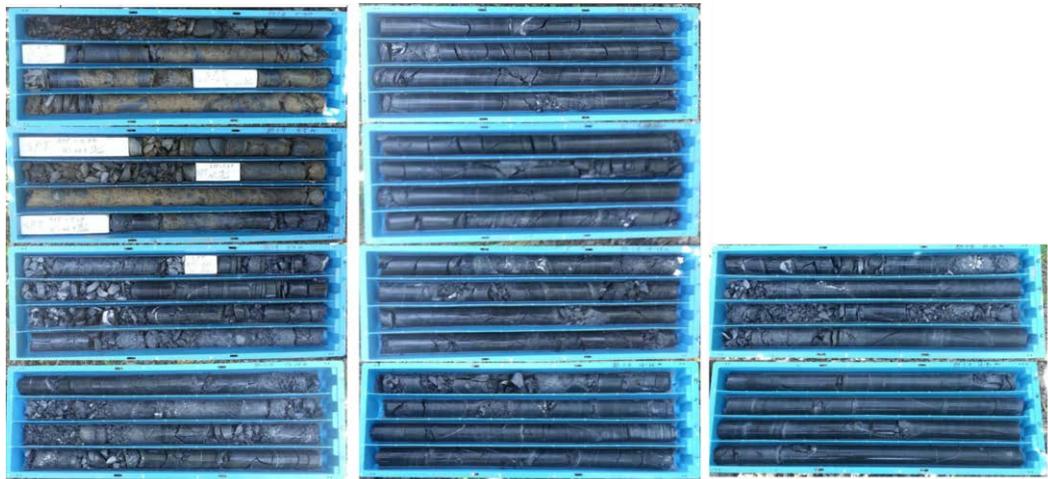


圖 7 松茂崩滑區地質鑽探孔分布平面、剖面圖及 BH1-1 岩心



(1) 道路嚴重陷落



(2) 道路嚴重開裂



(3) 擋土牆開裂

圖 8 松茂地滑造成道路相關結構受損

三、邊坡地滑之整治

致災成因分析得知本區域地層風化破碎深度甚深，而破碎板岩內易於蓄積

地下水，且當雨水入滲導致滑動體飽和、增加滑動體自重，故造成坡體滑動。因此，治理對策將以地下排水之抑制工法為主，並確實施設坡面截水工

程，以減少逕流水入滲滑動塊體，最終能改善松茂崩塌地之滑動狀況。

3.1 邊坡滑動抑制對策

根據前期監測資料可知 [4]：本處邊坡穩定性對於地下水位之敏感度甚高，又下邊坡坡面之常時地下水位偏高。大口徑之深層集水井目前廣泛應用於邊坡滑動治理及地下水資源開發領域，主要係利用井筒自身強度達到地層深處後，以集水管排除或收集地層內地下水。另需滿足水土保持技術規範第七十三條規定：邊坡穩定規劃設計應達之安全係數

(F.S.) 為常時 1.5、地震時 1.2 與暴雨時 1.1。

一、集、排水量計算

據公路總局前期研究報告中鑽探孔位 BH-1-2 與 BH-1-3 監測資料，如圖 9，藉由探討 2011 年 3 月至 11 月之變化，以了解歷經一完整雨季之水位變化。設置集水井位置因農家及果樹影響，雖較靠近 BH-1-2 孔位，但其監測資料較不完整，故以 BH-1-3 孔位推測各豪雨事件之地下水位變化，得知上升最高幅度達 9.5m 左右。

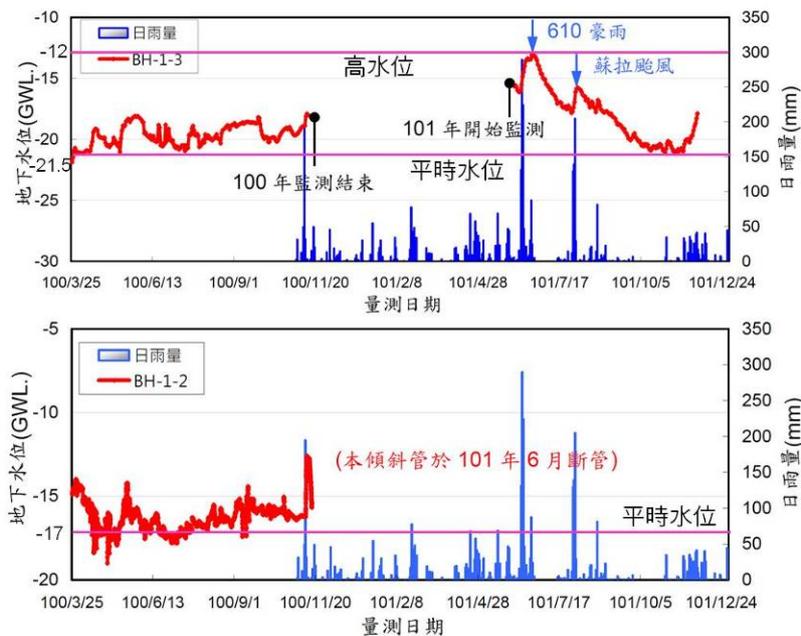
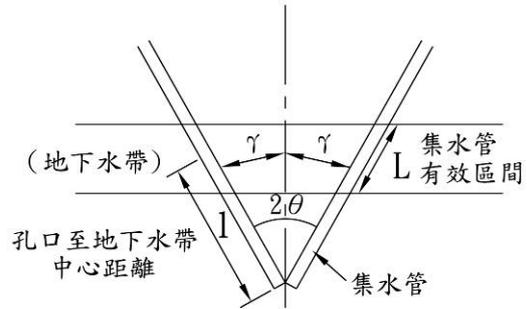
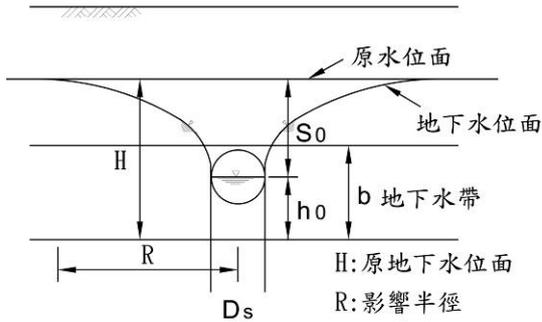


圖 9 前期研究地下水位監測成果

欲將坡面之地下水位，即使在颱風豪雨期間，降至常時之安全水位，則需以過往上升最高幅度 9.5m 為基準，故設計上採用降低地下水位 10m。依抽水試驗公式估算單座集水井 (ϕ 3.5m、深度

20m) 之集水量需達 0.0110cms，則 3 座集水井之總集水量約 2,851cmd。而每支集水管可收集之量體，採日本地滑對策技術協會 (1991) 建議公式估算：

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot L \cdot s_0}{2.3 \log(\sinh \frac{\pi R}{2b} / \sinh \frac{\pi r_0}{2b})}$$



資料來源：改繪自日本地滑對策技術協會

式中；Q 為單支集水管集流量 (cms)，k 為滲透係數 (m/s)，L 為集水管有效區間長度 (m)，S₀ 為預估降低地下水頭高 (m)，b 為地下水帶厚度 (m)，r₀ 為集水管半徑 (m)，R 為影響半徑

(m)，r 為打設間隔 (m)，θ 為打設角度 (度)，其中 k 經現地透水試驗求得為 7.1×10⁻⁵ (m/s) [3]，其它相關參數如下表 1。

表 1 集水管流量計算相關參數值

集水管半徑 r ₀ (m)	有效區間長度 L (m)	滲透係數 k (m/s)	預估降低地下水頭高 S ₀ (m)	地下水帶厚度 b (m)	影響半徑 R (m)	打設角度 θ (度)
0.0375	35	7.1×10 ⁻⁵	2.670	1.373	15.155	15

另在集水井排水部分，依據日本地滑對策技術協會 (1991) 的建議，以 Hazen-Williams (1902) 提出方程式推算：

$$V = 0.84935 \times C_h \times R^{0.63} \times I^{0.54} ;$$

$$Q_h = z \times A \times V$$

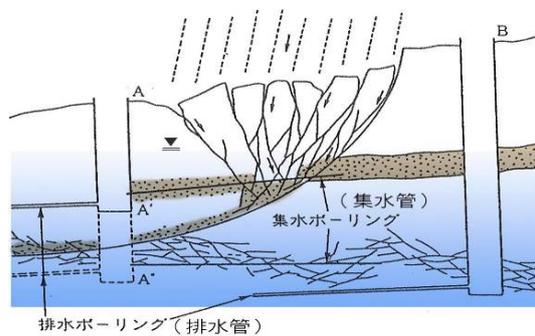
式中；V 為平均流速 (m/s)，C_h 流速係數，R 為排水管 1/4 直徑，I 為坡度 (%)；Q_h 為排水量 (m)，Z 為容許流量折

減係數。配置排水管直徑 15cm、排水管打設角度為 1.5°、容許流量折減係數 z 採 0.5。計算得單支排水管排水量為 0.0133cms，經檢核已較集水量 0.0110cms 為大。

邊坡穩定採用 Morgenstern-Price Method 分析結果，本路段設計之坡面藉由深層集水井之設置，將暴雨時之地下水位控制於安全水位 GWL：-10.0m，則整體穩定安全係數 (F.S.) 為常時 1.747，地震時 1.214 與暴雨時 1.108。

二、集水井佈設

圖 10 為日本地滑對策技術協會地滑防止技術研修之集水井佈設參考圖，通常可將集水井設置於滑動塊體內（圖中集水井 A），亦可設置於滑動塊體外緣（圖中集水井 B）；若設置於滑動塊體外，則集水井深度必須達較深層之破碎岩層方可有效集水。



資料來源：改繪自日本地滑對策技術協會

圖 10 集水井佈設與滑動面之關係圖

基於上述原則，本次治理乃規劃集水井設於滑動塊體內，兼具經濟及效益。又依據前期監測成果 [4]：「本處滑動面深度約 20~25m，...塊體的滑動深度約 23m。」，故集水井配置深度採 20m，避免產生滑動面剪動破壞井筒之情形，亦可降低設置成本。另橫向集水管係佈設於破碎岩層中，採分層傘狀（仰角 5°）方式佈設，其幾乎涵蓋大部分滑動範圍，確保地下水位降低到安全水位線下（GWL：-10.0m），滿足暴雨時之最小安全係數需求（F.S.=1.108>1.1）。

另集水井之構造型式常見的有鋼襯板及混凝土環片兩類，皆以井筒結構抵抗外部土壓力及提供施工者安全開挖空

間，並於工程完工後作為抽排水或維護管理之進出通道。根據日本建設省（1997）及林野廳（1987）的建議，在以下三種情況下應該考慮使用 RC 環片之集水井：

1. 在砂質或軟弱土質、高地下水條件下，可能造成砂湧情況時。
2. 基於結構安全考量，在滑動性較大邊坡或深度超過 30 公尺的設計需求時。
3. 在可能鄰近地熱或溫泉情況下，基於井體構造之防止腐蝕的因素。

本工址地質主要以灰黑色板岩及硬頁岩為主，且鑽掘深度不深，因此採用鋼襯板型式。

3.2 整治區排水規劃

本滑動塊體之集水區如圖 11 所示，主要分為上邊坡、道路及下邊坡，因此需將道路排水匯集導入路側邊溝，另將坡面排水導至坡面矩形溝，安全流往大甲流域。

一、道路排水系統

1. 路面之降雨逕流係採用重力式排水，利用道路縱坡及橫坡，使地面水流至道路側溝進行收集排放，並於 69k+110 處與既有溝渠順接，以導入既有排水系統中排放。
2. 於路堤段上邊坡回填區頂部設置 2%之洩水坡度，以利坡面植生復

育完成後，可將地表逕流水體加速導出。

二、邊坡排水系統規劃

依據地形及周圍水系，本路段集水分區（道路上邊坡、道路、道路下邊坡）及洪峰逕流量（ Q_p ）推算結果如圖 11，逕流量推估係採用合理化公式法（Rational Formula）推求，逕流係數（ C ）採用 0.75；降雨強度之推估，則參照無因次降雨強度公式推估；重現期 T 採用 25 年一次頻率之降雨強度計算，漫地流流速取平均值 0.44；年平均降雨量 P 則採用中央氣象局梨山雨量站之年平均雨量 2721.0mm。排水規劃為：

1. 修復既有受損之下邊坡排水系統，恢復排水功效。
2. 於道路上邊坡坡面施設縱橫向排水設施，並導入道路側溝，以減少逕流水入滲至下邊坡滑動塊體（另由他標工程辦理）。
3. 於下邊坡設置深層集水井導排地下水，以提高邊坡之穩定性。
4. 將收集之地下水利用坡面截水溝以銜接至新設矩型溝（如圖 12）。



圖 11 台 7 甲 69k+100 集水分區及洪峰流量

集水分區	A	B	C
集水面積(ha)	4.065	0.049	1.477
降雨強度 I(mm/hr)	151.73	151.73	151.73
洪峰流量 Q_p (cms)	1.289	0.043	0.470

肆、整治成效

4.1 治理配置

圖 12 為本次整治主要配置：(1) 3 座 ϕ 3.5m、H=20m 之深層集水井；(2) 橫向集水管 51 支、3 支排水管；(3) 縱橫

向截水溝，總長 $L=65\text{m}$ ；(4) 矩型溝，總長 $L=198\text{m}$ 。

圖 13 為上圖 (12) 中 W1 集水井之平、立面配置，另 W2 及 W3 之配置型式一致：集水管皆採 3 層 (第 1、3 層為每層 6 支、第 2 層為 5 支)、各管長 35m 、間隔兩管夾角 30 度等，主要差別僅在於 W1 排水管 $L=55\text{m}$ 、W2 排水管 $L=70\text{m}$ 、W3 排水管 $L=50\text{m}$ 。配置上主要係透過 3 層集水管扇狀 150 度分佈，加

大集水面積及有效降低水位；集水井內之水再透過集水管導出土層，接往邊坡上新設之截水溝，最終匯入既有溝渠。施作完成之井內集水及排水管流末運作情形，如圖 14，其中以 W2 井之集水量最多、W3 居次、W1 最低，另集、排水情形及匯入既有縱洩溝之機制，運作效能良好；顯示設計集水量、排水量及縱洩溝之容量等，皆合乎現地情形。

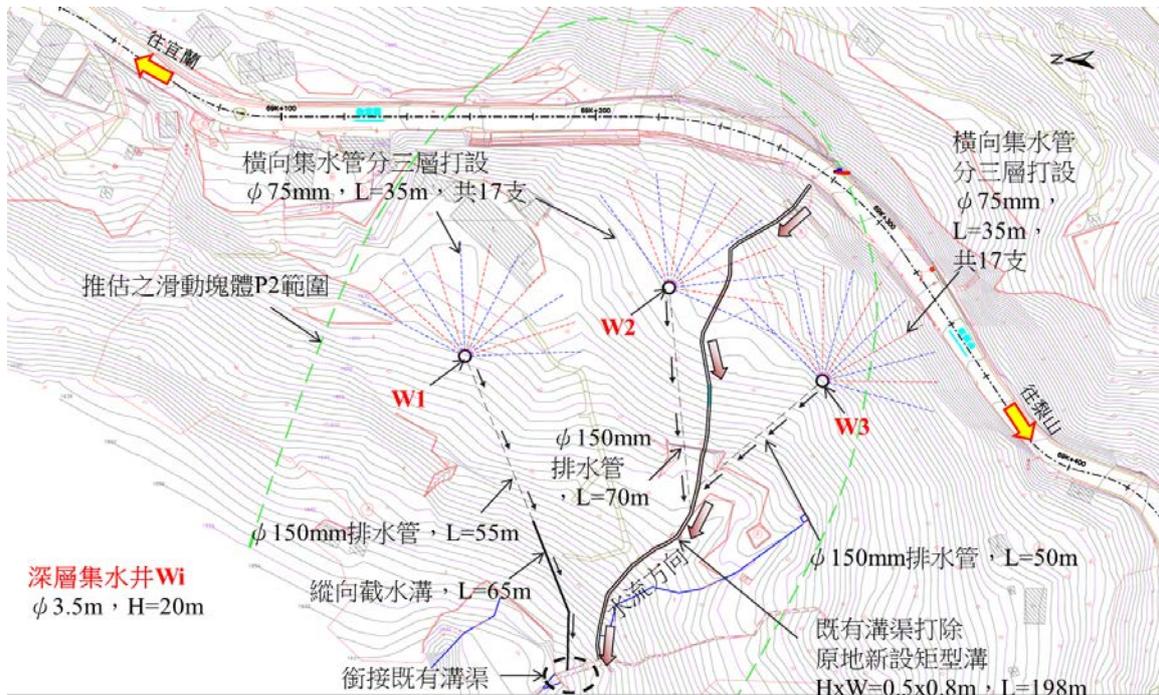
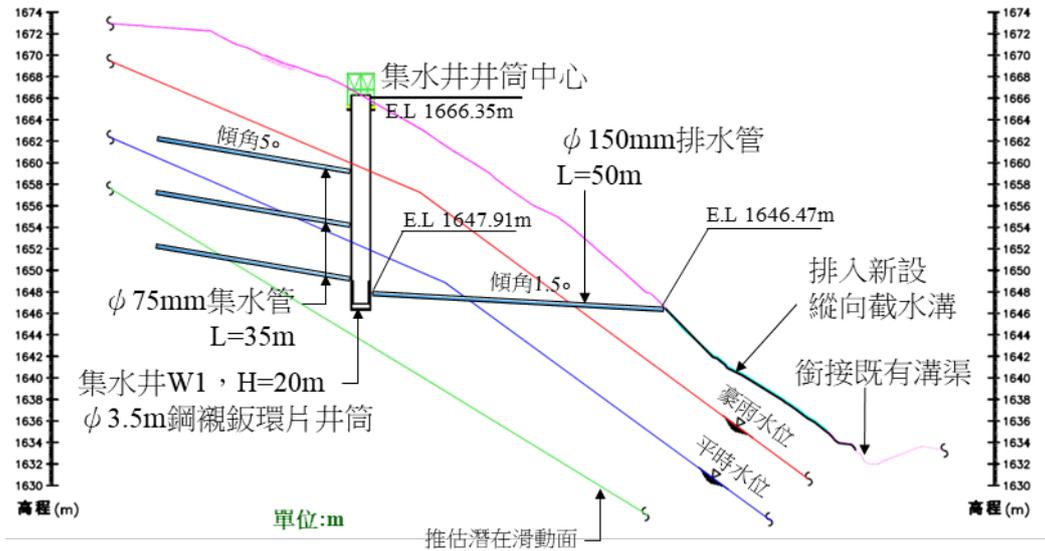
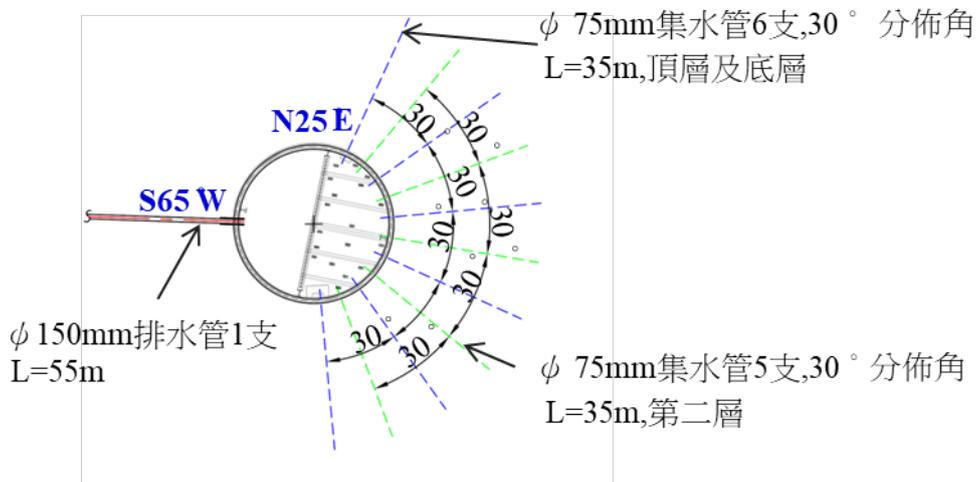


圖 12 台 7 甲 69k+100 松茂地滑整治平面配置



(1) 集水井之集、排水管配置立面圖 (含對應水位關係)



(2) 集水井之集、排水管配置平面圖

圖 13 W1 集水井配置之平、立面圖



(1) W1 井集水情形 (水深 75cm)



(2) W2 井集水情形 (水深 270cm)



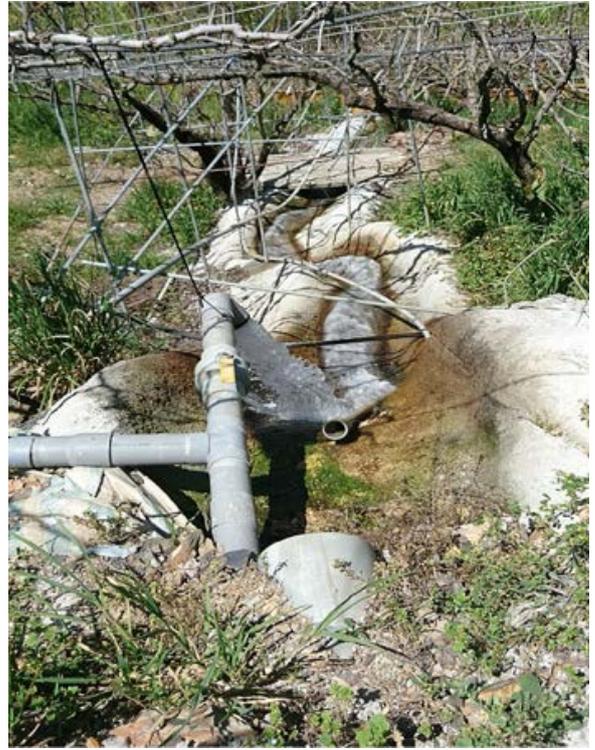
(3) W3 井集水情形 (水深 120cm)



(4) W3 井出水口情形



(5) 集水管運作情形



(6) 集水後匯入縱向溝情形

圖 14 各井內集水及排水情形

4.2 整治成效探討

本路段係位於一處大型舊崩塌地內，由鑽探成果得知，本路段所在地層之岩性主要為板岩，間夾變質砂岩。岩層完整性大多不佳，普遍呈現中度破碎至高度破碎，且有多處為剪裂帶，而對於邊坡而言，剪裂帶係相對較易發生滑動之弱面。又整治前本路段邊坡地下水位偏高，致邊坡持續位移並連帶造成通行道路持續錯動，因此，水保局及公路總局常年監測此路段坡面變化。

完成 3 座大口徑深層集水井導排邊坡地下水後 (2017 年 5 月完工)，由監測成果可明確了解整治成效。圖 15 為水

土保持局於松茂地滑路段邊坡之自動水位監測井之監測成果 [6]，圖中可看出：

1. 自深層集水井於 2017 年 5 月完成後，坡面地下水位顯著降低 (約 6m)。
2. 本處邊坡水位易受降雨影響，強降雨易引發邊坡水位迅速上升。
3. 降雨期間，井內最高水位到達 1668m，距孔口高程 1678m 尚有 10m、距警戒水位尚有 5.5m。
4. 歷經 2 次豪雨及颱風事件，最大時雨量達 30mm/h 之強度，集水井之排水效能發揮下，邊坡水位可迅速恢復至常時高程。

圖 16 為公路總局第二區養護工程處於松茂地滑路段邊坡之孔內伸縮計之監測成果 [7]，圖中可看出：2016 年 1 月至 2017 年 5 月集水井尚未運作前，每月平均位移達 25mm；整治完成初期，變位明顯趨緩，已降至每月僅 3mm。圖 17 為集水井運作後之路面監測點（測點靠近滑動體週界處）變位情形 [8]，由圖中

可知自 2019 年 1 月起至 2020 年 8 月之變化情形： ΔN 累積位移量介於 -3.23~1.85cm 之間， ΔE 累積位移量介於 -2.48~1.48cm 之間，監測所得變位量皆屬微小，且未有朝同向變位增加情形，顯示路面為穩定狀態；另檢視現場擋土牆及路面，並無明顯開裂、地表裂縫等異常表徵，故研判本路段目前已趨穩定。

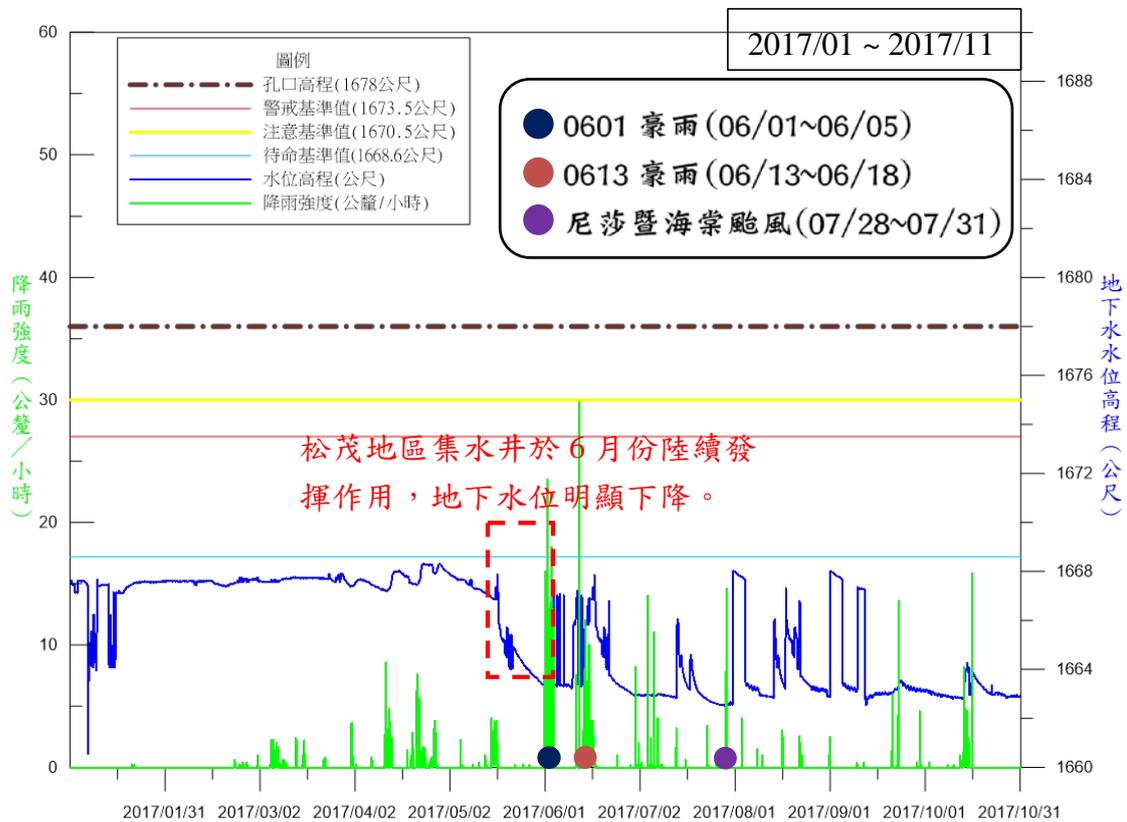


圖 15 松茂地滑路段邊坡水位監測成果

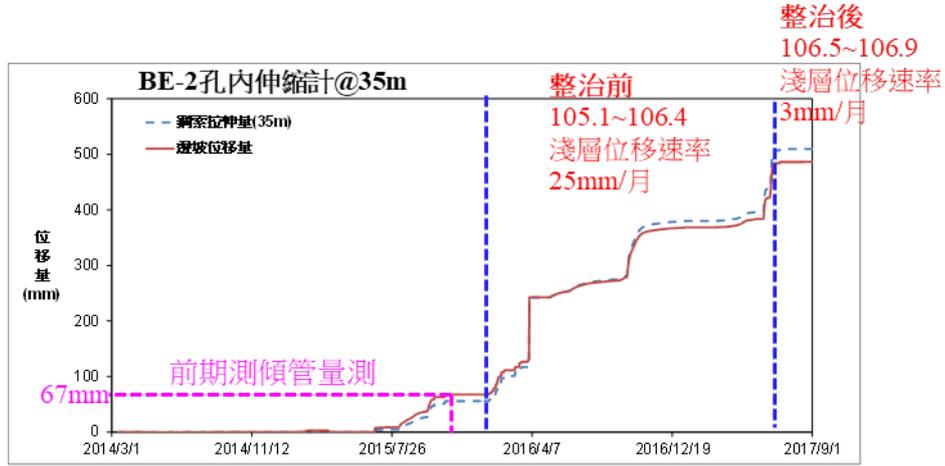


圖 16 松茂地滑區多段式孔內伸縮計之監測成果

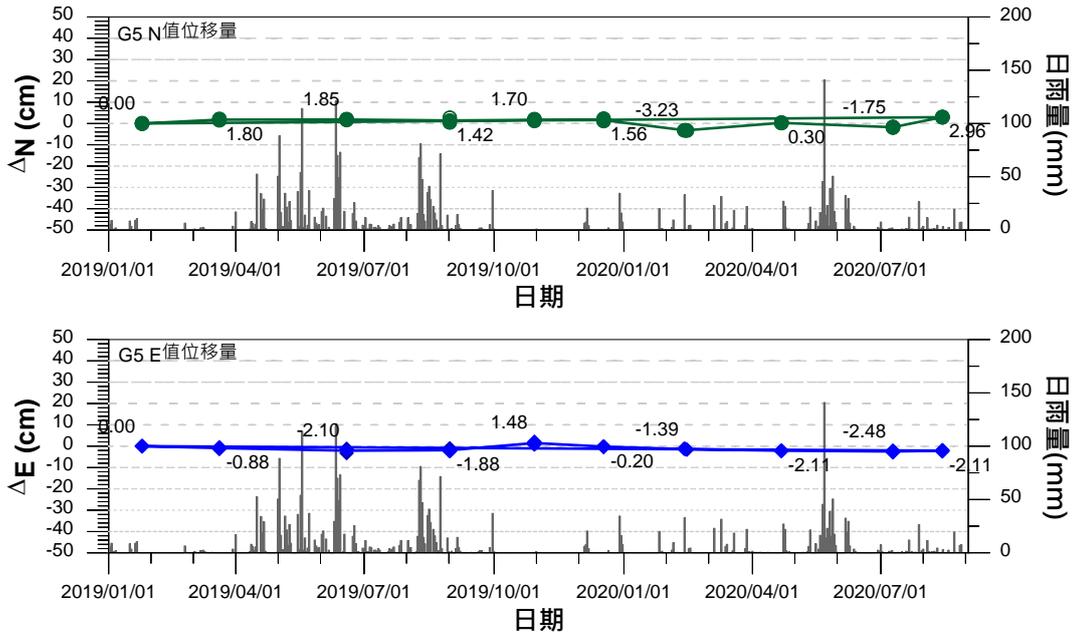


圖 17 地滑區內路面定位樁之變位 ΔN (上) 及 ΔE (下) 監測成果

伍、結論與建議

邊坡地滑常肇因於坡趾遭沖刷、地質破碎、含水量高等複合原因，整治需因地制宜並針對起因加以防治，否則將波及擋土牆、道路等結構受損。本案松

茂地滑在詳細調查地滑區特性、地質條件後，整治工法採佈設 3 孔深層集水井，每孔配置 3 層集水管 (共 17 支) 及 1 支排水管。經監測顯示地滑造成道路下陷情形已顯著趨緩，且擋土牆等相關設施已不再受損，而地下水位在常時及豪雨時，皆能順利排出。考量集水井之

集、排水效能攸關邊坡地滑抑制功效，其中 17 支集水管若有局部阻塞時，整體集水效能仍有作用，但僅 1 支排水管，當其功能不彰時，該孔排水效能恐大幅降低，甚至失去功能，故建議可多佈備援排水管；另建議設置電子式偵測排水量設備，以利隨時掌握井之排水功能，若有受阻可儘快處置。

參考文獻

1. 陳鶴勳、徐森彥、陳柏安 (2014)，「梨山地層滑動整治 斯拉茂再現風華」，農政與農情，第 264 期。
2. 林德貴等、張國欽、朱家勁、蘇苗彬 (2018)，「大規模地滑區地下排水穩定工法之效益評估」，中華水土保持學報，第四十九卷，第四期，第 199-213 頁。
3. 交通部公路總局第二區養護工程處 (2014)，「台 7 甲線 69k+100、台 8 線 93k+250、台 8 線 95k+800 路段復建改善工程委託測量、設計及地質探查服務工作」，初步設計報告。
4. 交通部公路總局第二區養護工程處 (2013)，「台 7 甲線 69k+100、台 8 線 34k+900、台 8 線 95k+800 路段復建改善方案評估」，期末報告。
5. 交通部公路總局第二區養護工程處 (2014)，「台 7 甲線 69k+100、台 8 線 93k+250、台 8 線 95k+800 路段復建改善工程委託測量、設計及地質探查服務工作」，地質探查報告。
6. 農業委員會水土保持局 (2017)，「106 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析」，成果報告。
7. 交通部公路總局第二區養護工程處 (2018)，「台 7 甲線 69k+100、台 8 線 34k+900、台 8 線 95k+800 地滑區監測系統建置、監測管理及成效分析評估委託專業服務工作」，監測成果及穩定分析期末報告。
8. 交通部公路總局第二區養護工程處 (2021)，「台 8 線 34k+900、95k+800 及台 7 甲線 69k+100 路段既有監測系統管理及成果分析與台 8 線 98k+500 路段地質鑽探調查與定期監測服務工作」，第七次監測成果報告。

110 年 9 月 14 日收稿

110 年 10 月 6 日修改

110 年 10 月 22 日接受