

道路邊坡崩塌之整治—以案例說明  
**CASE HISTORY OF STABILIZATION OF  
HIGHWAY SLOPES**

王建元，顏東利，郭文祥，潘國樑  
J. Y. Wang, T. L. Yen, W. S. Guo and K. L. Pan

原著載於高速公路工程與管理研討會論文集  
1995年5月, 第969~981頁

*Reprinted from  
Proceedings of Freeway Engineering and Management  
May 1995, pp.969~981*

# 道路邊坡崩塌之整治—以案例說明

王建元\* 顏東利\*\* 郭文祥\*\*\* 潘國樑\*\*\*\*

亞新工程顧問公司 \*工程師 \*\*正工程師 \*\*\*主任工程師 \*\*\*\*協理

## 摘 要

本文首先回顧道路邊坡崩塌之可能原因及其防治方法，接著再介紹國內三個崩塌道路邊坡之整治工程成功案例，採用之工法包括有鑽掘式與手掘沈箱式擋土排樁、土牆與岩錨。由這些案例所獲得的調查、分析、設計與施工經驗，可作為道路邊坡崩塌整治工程實務之參考。

## 一、前 言

台灣地區近數十年來，隨著人口的增加及經濟的大幅成長，交通運輸量呈現急速增加之趨勢。為有效解決運輸需求，同時為了縮短各城鄉間之距離，以及帶動土地資源的有效利用與各項產業的發展，交通建設應為首要的工作，而道路之新建構築又應為交通建設之當務之急。但因台灣地區地層岩性變化頗大，地質構造複雜，加以每年頻遭季節性颱風豪雨之侵襲及地震之衝擊，或因人為不當的開挖，而常發生既有或施工中道路路基崩壞或其邊坡失穩之現象，造成嚴重災害，甚至傷及人車，不僅耗費財力，尤且危及行車安全及癱瘓交通，影響經濟活動殊甚。

本文首先介紹道路邊坡崩塌之可能原因，包括道路工程可能遭遇之工程地質問題，以及其防治方法，接著再介紹國內三個道路崩塌邊坡之整治工程成功案例，從這些案例中可以瞭解到道路邊坡在規劃及設計時之調查分析要項與在施工時之事前防治處理，以及在邊坡崩塌後之整治方案。希望藉由這些案例的說明能提供予工程界在處理相同問題時之參考。

## 二、道路邊坡崩塌之可能原因及防治方法

道路崩塌係道路坍方之一般俗稱，泛指路基或其上下邊坡因某種原因失穩而致產生

破壞。這些原因包括路基滑移、地震、河流在道路下坡趾部的切蝕、颱風、暴雨、地下水位上昇、開挖等，但道路崩塌之發生極少能歸因於單一原因。茲將這些原因分為兩大類概述如下：

## 2.1 邊坡剪應力增加( 外在因素 )

### (1) 側方支持力減少

此種因素包括風化侵蝕作用、早期的山崩、斷層的發生、向坡外傾斜的節理或層面、人爲的開挖等。

### (2) 荷重增加

可分為天然的原因如雨、雪、冰雹的重量，以及人爲的原因如填土、建材等的堆積或建物的重壓。

### (3) 振動

包括地震等自然作用，與爆破及施工等人爲作用所引起之振動。

### (4) 下方支撐減少

如河流、冰川、波浪在道路下坡趾部的切蝕作用以及人爲作用，如工程開挖及採礦等。

### (5) 橫壓力的增加

包括張力裂隙積水或膨脹性地層吸收水份後的體積增大所引起之側向壓力。

## 2.2 邊坡剪應力強度減小( 內在因素 )

### (1) 原來地層的成份、組織和構造性質欠佳

如地層疏鬆、岩層多節理破碎、深度風化之軟弱地層等。軟弱且易形成滑動弱面之地層包括砂泥岩互層體系之泥岩、崩積層與岩盤交界面、斷層錯動帶等。

### (2) 風化作用或其他物理化學作用所造成的變化

如頁岩泡水軟化、粘土乾裂等。

### (3) 因孔隙中水份增加而產生的水壓力

如雨水滲入岩層中或地下水位上昇等，這些情形在向斜構造之地層中，地下水朝向斜軸部集中所產生的影響尤其顯著。

## 2.3 崩塌之防治方法

邊坡穩定之方法一般可分為避開不穩定區、減少滑動力與增加抗滑力三大類。分別簡要說明如下：

### (1) 避開不穩定區

即在道路工程規劃時避免於已存在或潛在的崩塌區進行路堑邊坡開挖或路

堤填築工程。一般常採用之避開方法包括道路改線或採用高架橋跨越等。

## (2) 減少滑動力

主要包括排水與削坡，其中排水為最常採用的方法，其一般可分為地面排水與地下排水兩種方式。茲將此類方法分別說明如下：

### a. 地面排水

係於地表將可能滲入坡體之水引開，避免其滲入坡體內而增加側向滑動力。常用之方法包括於坡緣設置截水溝，將邊坡上方之逕流攔截到穩定處之地表排水系統內，或以不透水材料封填坡面之裂隙。此外，坡面植栽亦為減少地面水入滲與沖刷坡面之有效方法。

### b. 地下排水

此法常使用於地下水位較高或坡面大量滲水之區域。淺層的地下排水可採用地下截水盲溝或排水層；至於深層排水，一般最常採用橫向排水管，若欲排除之地下水量過大或太深，則亦可考慮配合使用集水井或排水廊道。深層排水設施，尤其是常用之橫向地下排水管，應依開挖後之地質狀況與坡面滲水情形，調整其鑽設位置、角度與方向，以發揮其最大效果。

### c. 削坡

削坡方式包括減緩坡度、降低坡高以及將崩塌體冠部之重量減輕等。

## (3) 增加抗滑力

邊坡穩定之另一種方法為利用擋土結構以增加邊坡之抗滑力，可採用之工法包括有擋土牆、預力岩錨、擋土排樁、土牆(Earth Buttress)、坡趾填土與岩釘等。其中擋土排樁、土牆與坡趾填土屬被動式之穩定措施，即設置後需待邊坡發生微量之位移後，才會完全發揮其穩定功能；而預力岩錨則屬主動式，其預力施拉後立即可增加抗滑力，發揮穩定效果。

# 三、案例研究

## 3.1 案例一

### (1) 工程概述

中山高速公路北部某路段邊坡，原為一平均坡度約45%之坡地，坡面植生良好。民國80年間於路基下坡處之路權外，曾因私人用地之土方開挖，致平行中山高速公路之縣道路面出現龜裂與沈陷之情形，延至民國81年6月初，道路龜裂及沈陷加劇，路面下陷最嚴重處落差達80公分，高速公路護欄外腹地出現一道長逾40公尺之裂隙，明顯有邊坡坍塌之潛勢及跡象，該基地之地形如圖

1(上) 所示。

## (2) 地質狀況與破壞型態

本基地位於林口台地邊緣之山坡地，地層由上而下可概分為地表回填層、紅土層、紅土礫石層、礫石層及大南灣層砂岩或粉砂岩、泥岩互層，地質剖面如圖1(下) 所示。依據調查結果研判，本基地之邊坡破壞型式屬於礫石層之淺層滑動；其失穩原因與下邊坡之開挖有直接之關係。

## (3) 整治構想

考量本基地縣道路面因已有沉陷坍塌現象以及避免於高速公路之坡趾附近進行大量土方開挖，因此針對本基地地質特性而提出擋土排樁之整治方案，其概念設計如圖2 所示。此方案於施工期間不須大量之土方開挖，除可維持高速公路交通及行車安全外，且可避免受路權外可能會繼續進行之不當開挖行為影響。

## (4) 施工順序

- a. 於高速公路護欄外，鑽設直徑1 公尺之場鑄基樁，即排樁區Ⅰ，帶寬約20公尺，樁長14公尺；以及排樁區Ⅱ，帶寬約35公尺，樁長17公尺，樁心距皆為2公尺，以立即保護高速公路之安全。
- b. 縣道路面南側坡面開挖，闢建施工期間之臨時車道，坡面坡度比為1.5:1至1:1(H:V)，坡面植生後為永久邊坡。
- c. 縣道路面外側( 北側 )鑽設直徑1.5 公尺之擋土排樁，即排樁區Ⅲ，帶寬約85公尺，樁長23公尺，樁心距2.0 公尺，以避免路權外不當開挖危及現有道路之安全。
- d. 縣道路面鬆方挖除約0.5 至1.5 公尺厚，於排樁內側設置擋土版，再予分層回填滾壓夯實。
- e. 坡面開挖後坡頂設置截水溝，並由跌水溝連接至路面排水系統。

## 3.2 案例二

### (1) 工程概述

高速公路北部某路段之開挖邊坡，原設計為二階格床卵石護坡，每階高10公尺，坡度1.5:1(H:V)，平台寬3 公尺。民國80年6 月下旬的施工期間，本路段於暴雨過後產生滑動，坡頂路面下陷約60公分，地面龜裂並且危及路側民房，其緊急處置措施為於靠近民房處坡頂打設鋼版樁與鋼軌樁以臨時性地保護民房。不意於民國80年8 月初在包商已完成本路段原坍塌區外之第一階約5 公尺高之切坡，並已設置格床卵石護坡，正進行第二階開挖時再度發生坡面坍塌，開挖坡面下陷外滑約1 公尺。本路段之地形如圖3(上)所示。

## (2) 地質狀況與破壞型態

本路段原為一舊有活動崩塌地。地層由泥岩、砂岩及其薄互層與其上覆之崩積層所組成，地質剖面圖如圖3(下)所示。崩積層物質包括表土、受擾動之風化砂岩、紅土及礫石。本路段位於向斜構造之一翼，距向斜軸部約50公尺，其邊坡屬於順向坡開挖，岩層走向約N50° ~60° E，幾乎與路線平行，並向南傾斜約6至10度。依據調查結果研判，本路段之坍塌型態為崩積層沿著與其接觸之岩盤面之滑動，滑動面主要為泥岩層，少部份為新鮮灰色之泥質砂岩，含泥量甚高。

## (3) 整治構想

為了能夠修護邊坡，且於坡頂構築鄰接道路及保護民房之安全，本路段坍塌之整治方案係以土牆( Soil Buttress ) 為主，圖4(下) 為其示意圖。局部路段因路權受限或恐危及民房，而無法擴大土牆之底部寬度者，則加鋪加勁材，以增強土牆之穩定效果；或設置擋土排樁，以提高邊坡之穩定性。此外必須考量岩層間之泥岩層為一潛在之滑動面。本路段整治方案之平面位置如圖4(上)所示。此方案主要特色係利用現有崩塌材料進行回填，避免因向外挖棄土方而造成環境影響問題，其表面於植生綠化後，外觀與自然邊坡無異，較一般RC結構更能符合景觀之要求，且費用較經濟，工期一般亦較短。

## (4) 施工順序

- a. 開挖邊坡，土牆底部寬至少10公尺，頂部寬至少5公尺，土牆底部高程須在滑動面下至少1公尺，並且必須清除可能於開挖坡面上出露之泥岩層，確實的底部位置由地質工程師於現場決定。
- b. 土牆背部開挖面及底部設置完善之排水層，並將地下水疏排至坡趾溝或坡面跌水溝。
- c. 利用現場開挖之土方，分層回填滾壓夯實。
- d. 跳島式分段進行本路段之土牆開挖施工，以維持牆背邊坡之安全。其中坡頂附近有民房之路段，土牆內鋪設加勁材料，減少施工開挖範圍，並於土牆開挖前於坡頂先設置擋土排樁，作為臨時性保護措施，以保護坡頂之民房。
- e. 已完成之土牆立即進行植生護坡，以及設置坡頂截流溝及坡面跌水溝等水土保持措施，以避免雨水沖刷坡面。

## 3.4 案例三

### (1) 工程概述

梨山附近某路段於民國74年初發生路基下陷約30公分及道路上下邊坡坍塌情形，主要坍塌區呈一橢圓形，長約165公尺，寬約110公尺，面積約1.8公

頃。坍塌區的地形陡峭，呈西高東低之勢，落差達97公尺，平均坡度約35°左右。本路段之地形如圖5(上)所示。

## (2) 地質狀況與破壞型態

本路段地層屬於第三紀中新世廬山層，岩性屬於輕度變質的板岩，板岩劈理走向大致為北偏東50°，向東南傾斜50°。由於板岩粒度細小，且劈理發達，故岩質易成碎屑。岩盤上覆蓋層由風化之板岩屑、粘土質土壤以及崩積岩塊構成，組織不甚緊密，透水性高。根據調查結果研判，本路段之坍塌型態為後退連鎖式崩塌(Progressive Failure)模式，滑動面位於崩積層與岩盤之界面。地質剖面如圖5(下)所示。

## (3) 整治構想

根據調查分析結果，並考量本路段之地形崎嶇交通不便、施工空間狹小、施工可行性及道路交通必須維持暢通等因素，因此採用手掘沉箱式擋土樁牆為擋土結構，並輔以水土保持工程，以防止地表水入滲地下，避免土壤單位重增加及滑動面之抗剪強度降低。此外，尚包括本路段崩塌區外已被破壞擋土牆之修復與重建，以及其上邊坡之落石防治處理。整個整治方案之平面配置如圖6(上)所示。手掘沉箱式擋土樁牆之設計剖面如圖6(下)所示。

## (4) 施工順序

本路段為山區道路，整治工程如果要動用重型機械及大量工程材料，必須要有足夠的施工空間；但為了使工程進行順利及保持道路交通之流暢，更為了避免於施工中發生交通事故，首先必須訂定完善之交通管制計劃。接著針對本路段整治工程之施工順序說明如下：

- a. 構築道路外緣擋土樁牆，樁徑1.5公尺，間距2公尺，施工時採分段間隔挖掘方式進行，且於挖掘後必須立即吊放鋼筋籠及澆置混凝土。
- b. 擋土樁牆全部完成後，進行樁牆前三階段開挖，並打設三排岩錨。
- c. 樁身間進行橫向排水管之打設，每支橫向排水管長約15公尺，至少深入岩盤內1公尺，間距10公尺。
- d. 修復本路段崩塌區外道路內緣之部份被破壞駁坎護坡，以及分段重建此路段道路外緣之擋土牆，且於其上邊坡，採用掛網植生，以防落石及維護景觀。
- e. 改善坍塌區之水土保持設施，包括南側大排水溝、涵管及瀉槽之修復或換新，將道路路面改成柏油鋪面，於道路外緣加設AC路堤一道，以及加強下邊坡面之植生保護與裂隙之填補措施，以防止地表水入滲至坡體內。

## 四、結論與建議

依據上述三個整治工程之成功案例，綜合歸納結論與建議如下：

- (1) 道路崩塌之原因大部份均為數種不同因素之混合，不易用單一因素歸屬，因此針對不同之道路崩塌狀況，其整治方案必須因地因事制宜，要考量每個個別狀況之地形、地層條件、工程特性、地下水情形、坍塌原因及施工可行性等，如此方可達到預期之成效。
- (2) 對於崩積層與岩盤交界面，以及軟弱砂泥岩互層之泥岩而言，除了其剪力強度較低外，亦因易接納地下水匯聚滲流，提高地下水壓，並使強度降低，而形成一滑動面。
- (3) 在道路崩塌之整治方案中，若須特別考慮現有道路之暢通或避免其他工程於路權線外施工而無法掌握之因素（如坡趾開挖或坡頂加載）影響道路本身之穩定，則可考慮採用擋土排樁作為穩定設施。擋土排樁亦可配合預力岩錨，以降低排樁之剪力及彎矩，並減少排樁之側向位移。至於排樁之施工方式除了一般鑽掘機具外，亦可採用手掘沈箱之方式構築，以克服因地形陡峭或施工空間受限之問題。
- (4) 土牆工法之特色主要係利用現有崩塌材料進行回填夯實，避免因向外挖棄土方而造成環境影響問題，且其表面於植先綠化後，外觀與自然邊坡無異，較一般RC結構更能符合景觀之要求。因此在道路崩塌之整治方案中為一值得推廣之工法，不僅符合環保需求，且費用較低、工期亦較短。
- (5) 道路崩塌整治方案中，除考量採用增加抗滑力之擋土結構外，亦須考量輔以完善之地面及地下排水，減少滑動力，如此可以有效並且經濟的治理坍方及預防災害。

## 誌 謝

本文承蒙國道高速公路局等單位提供部份相關施工資料，特此誌謝。

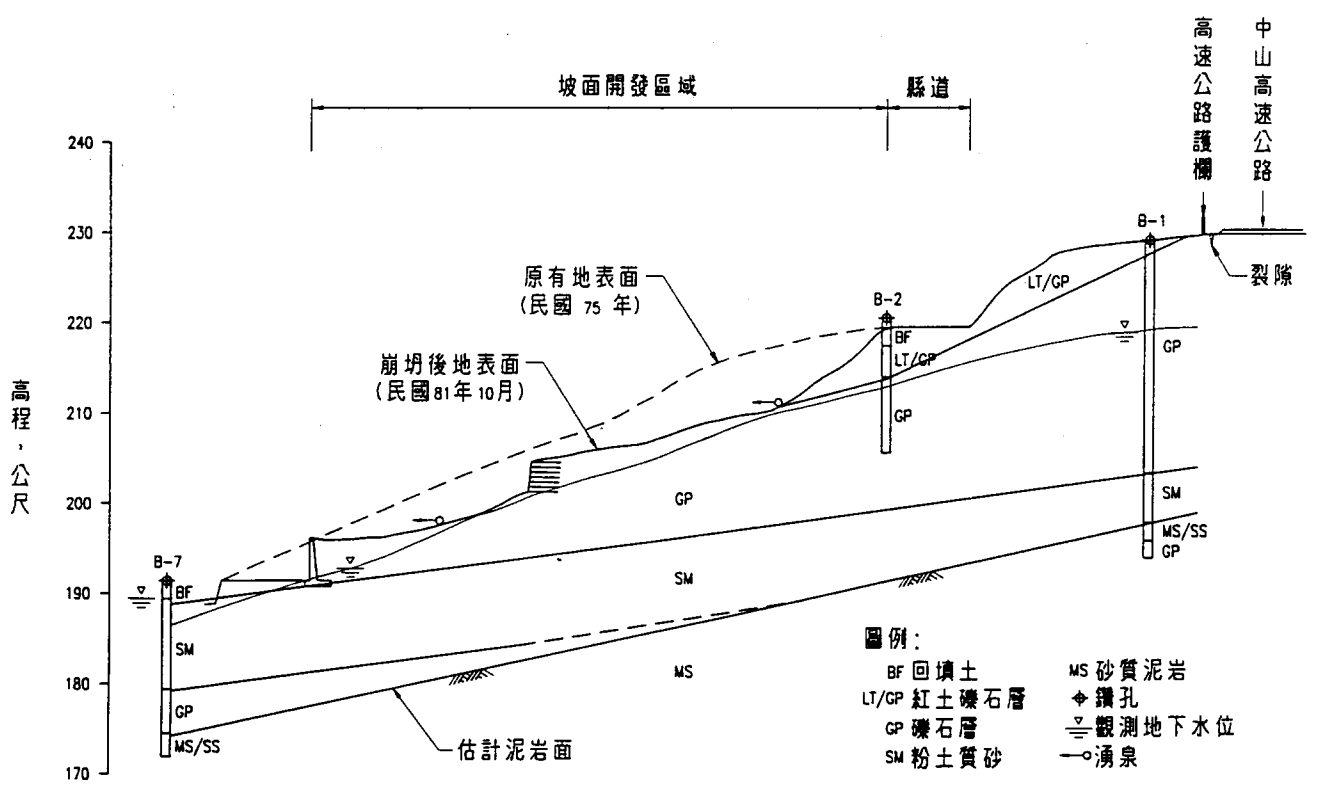
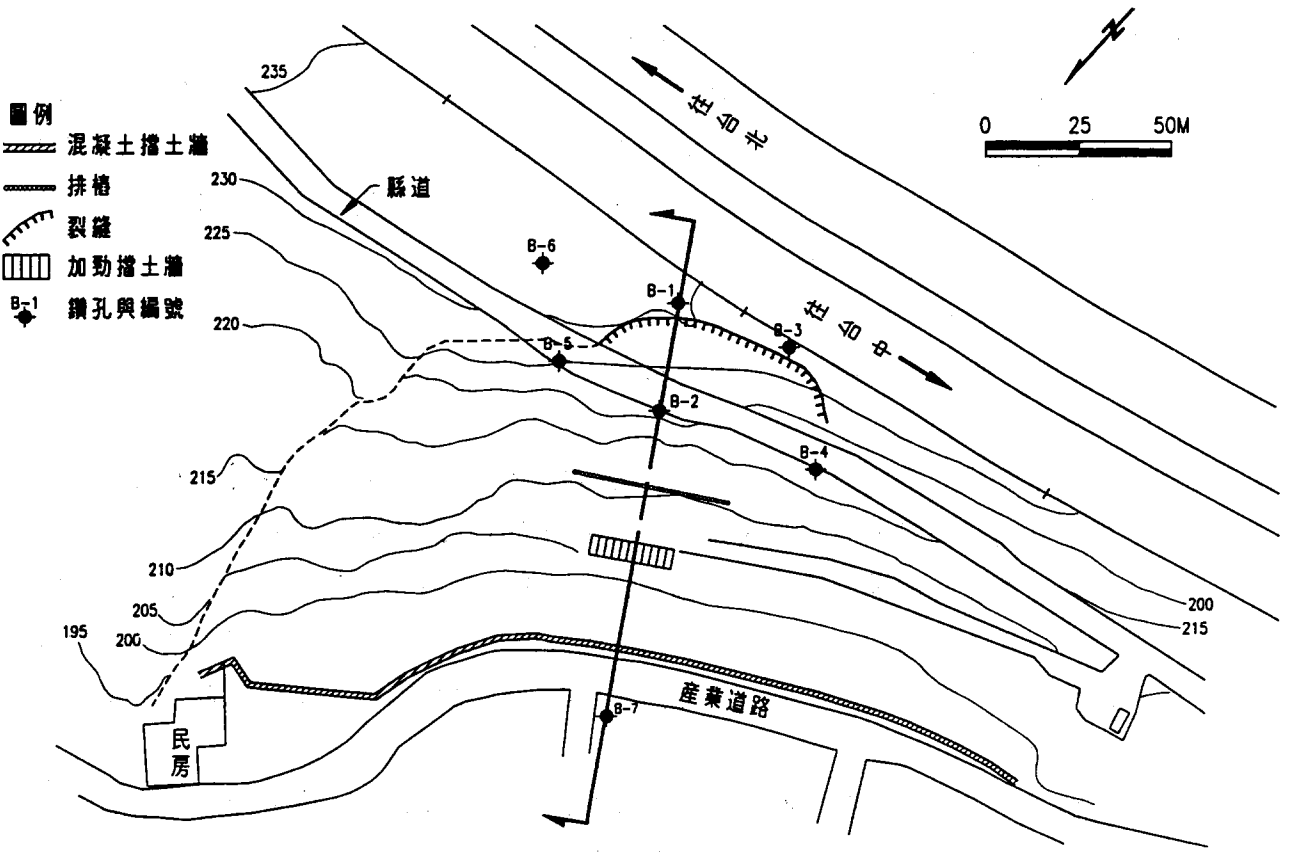


圖1 案例一整治前地形圖 (上) 與地質剖面圖 (下)

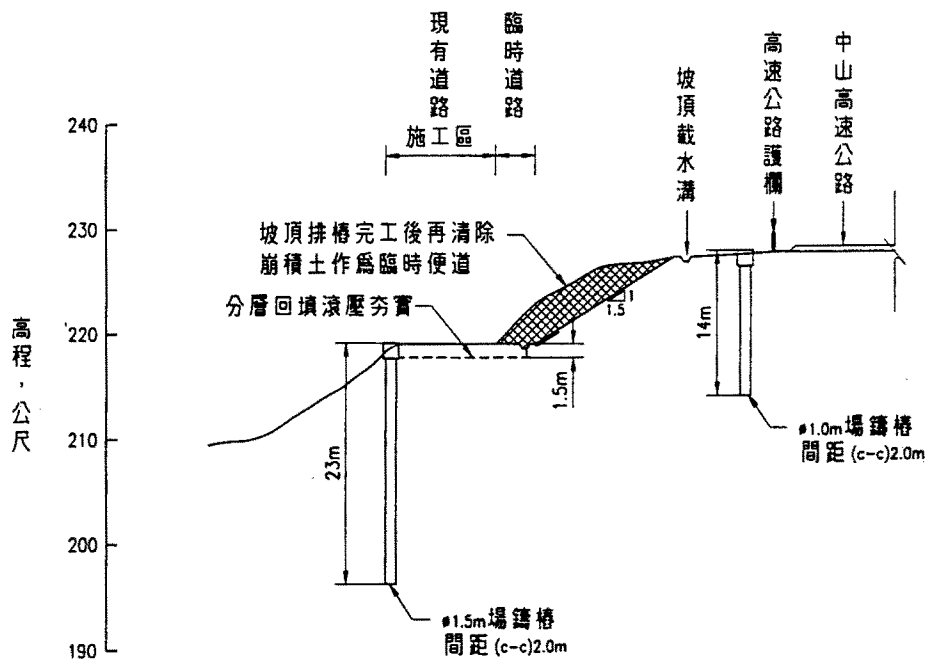
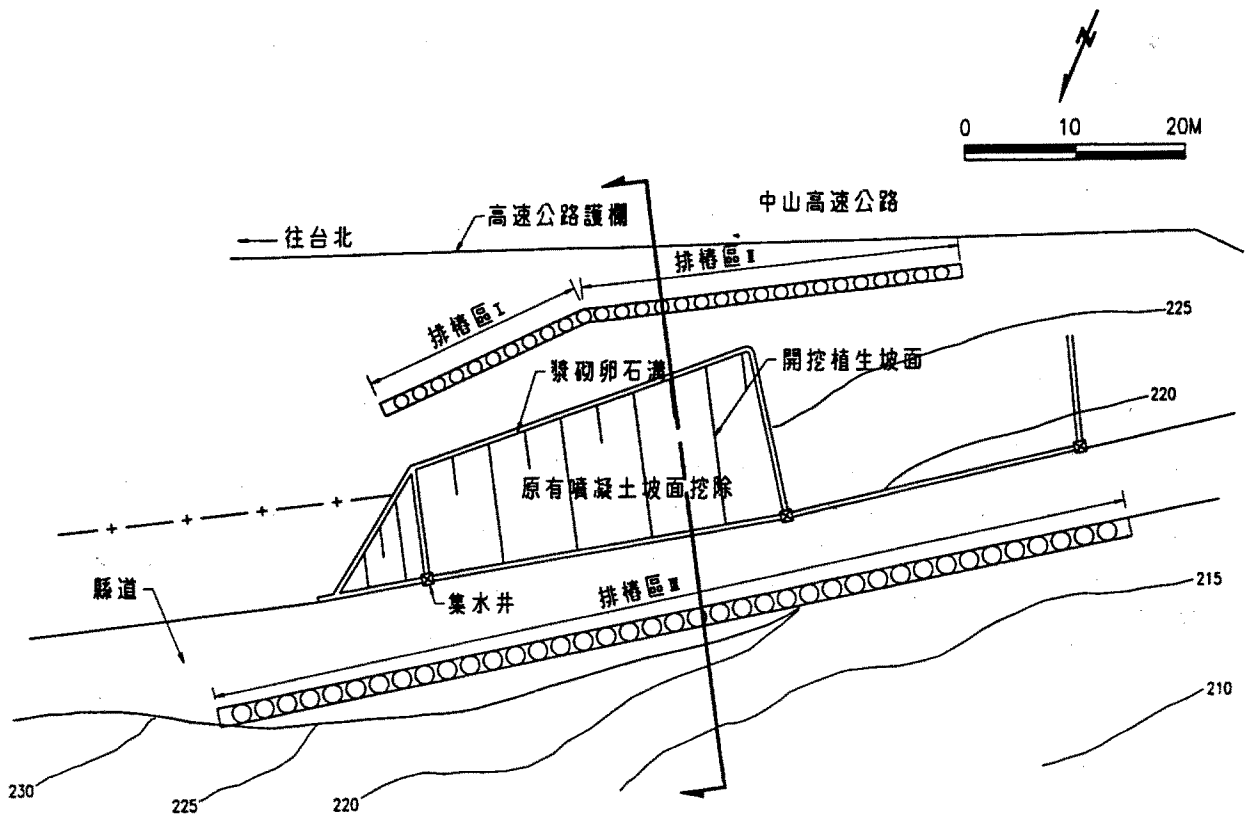


圖2 案例一整治方案平面配置圖（上）與剖面示意圖（下）

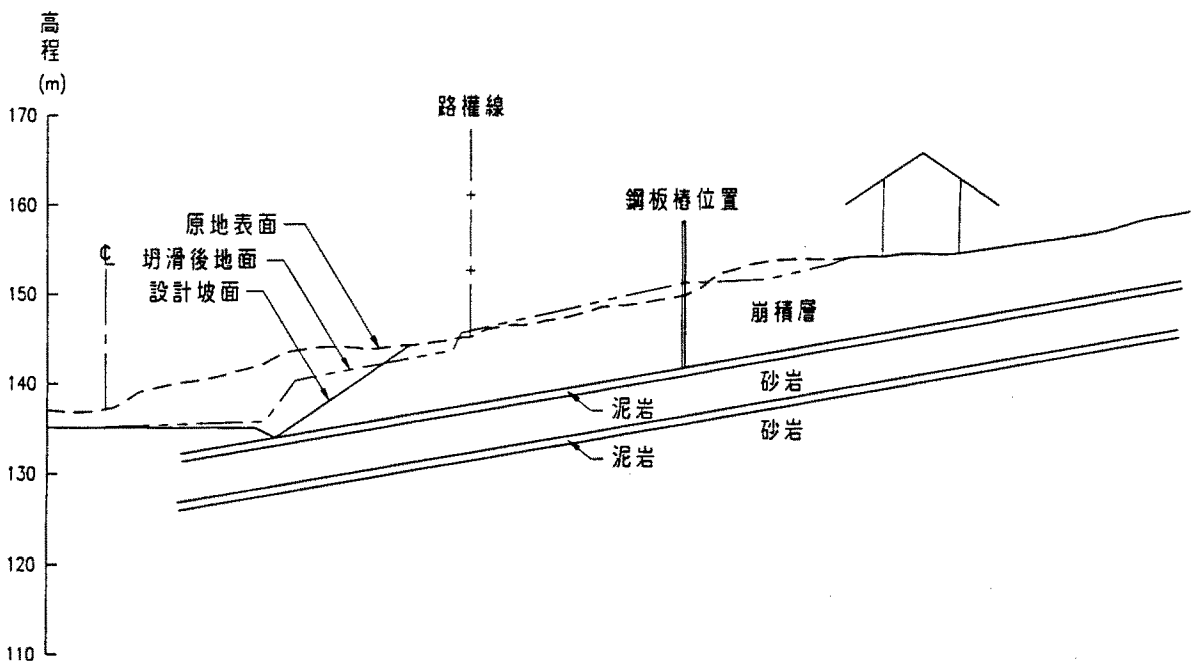
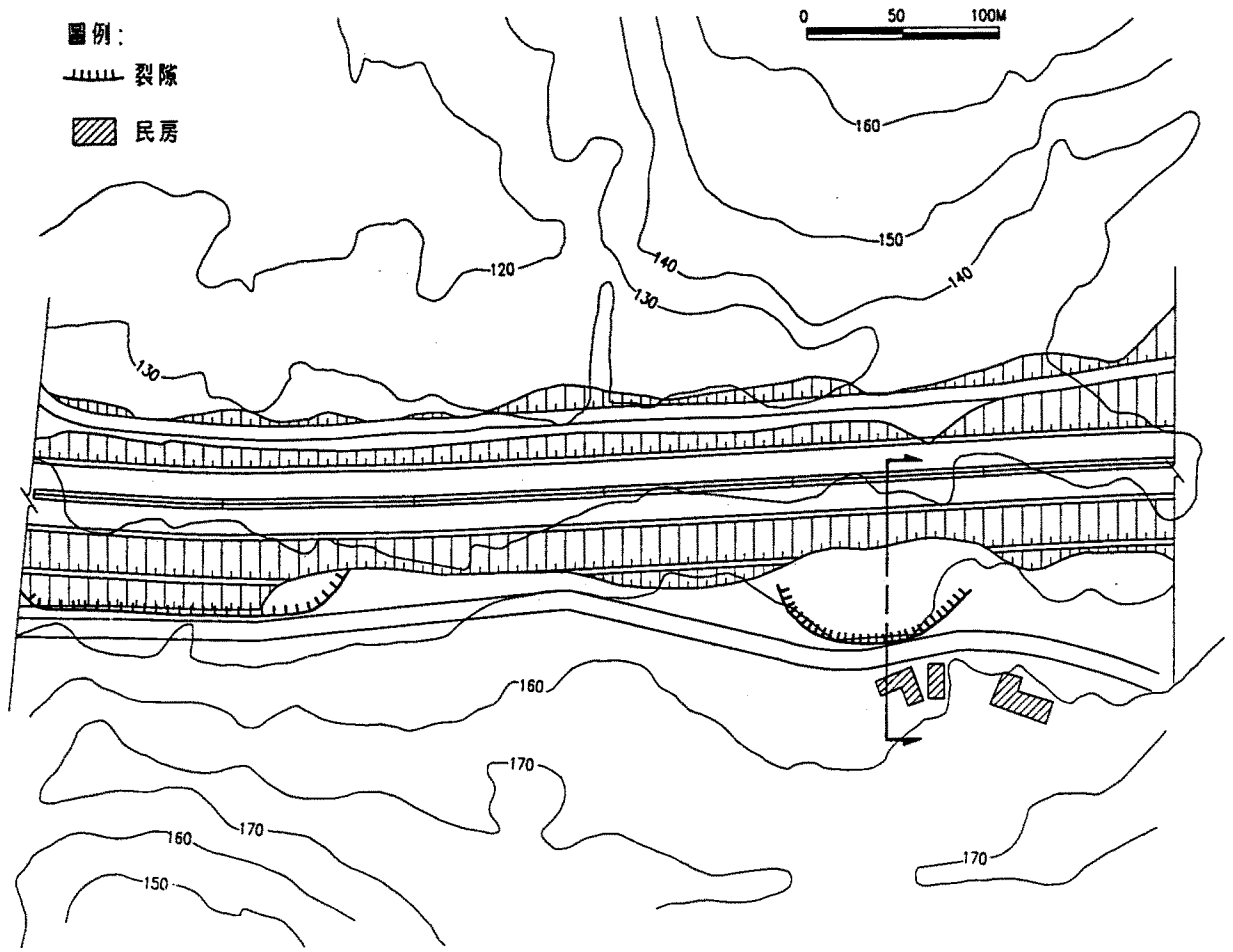


圖3 案例二地形圖（上）與地質剖面圖（下）

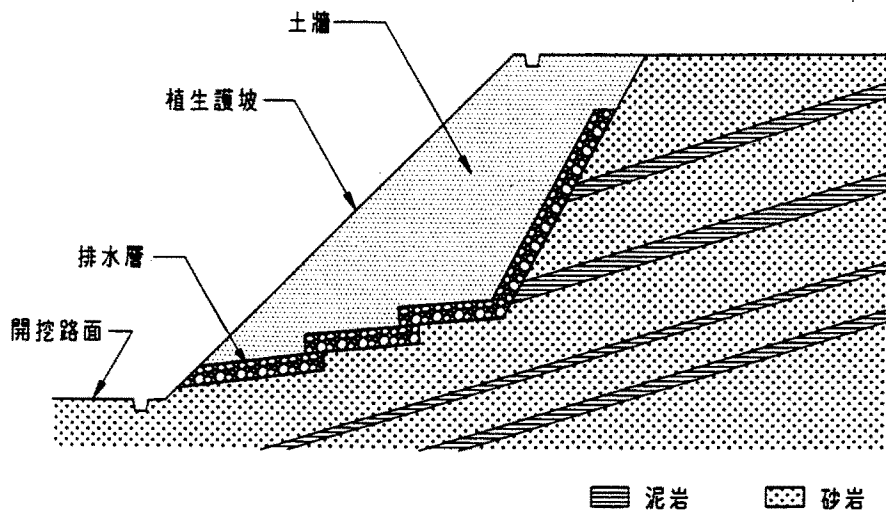
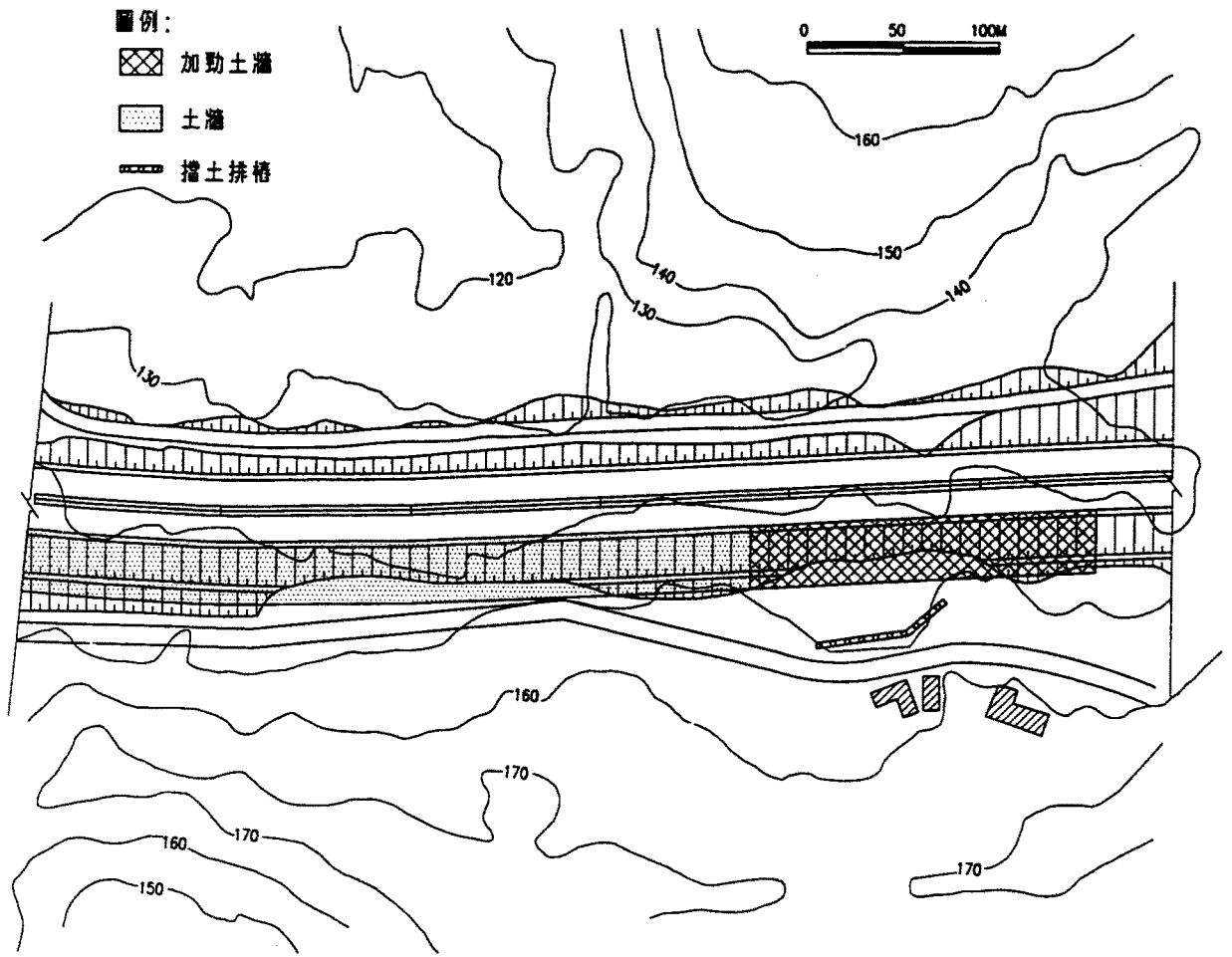
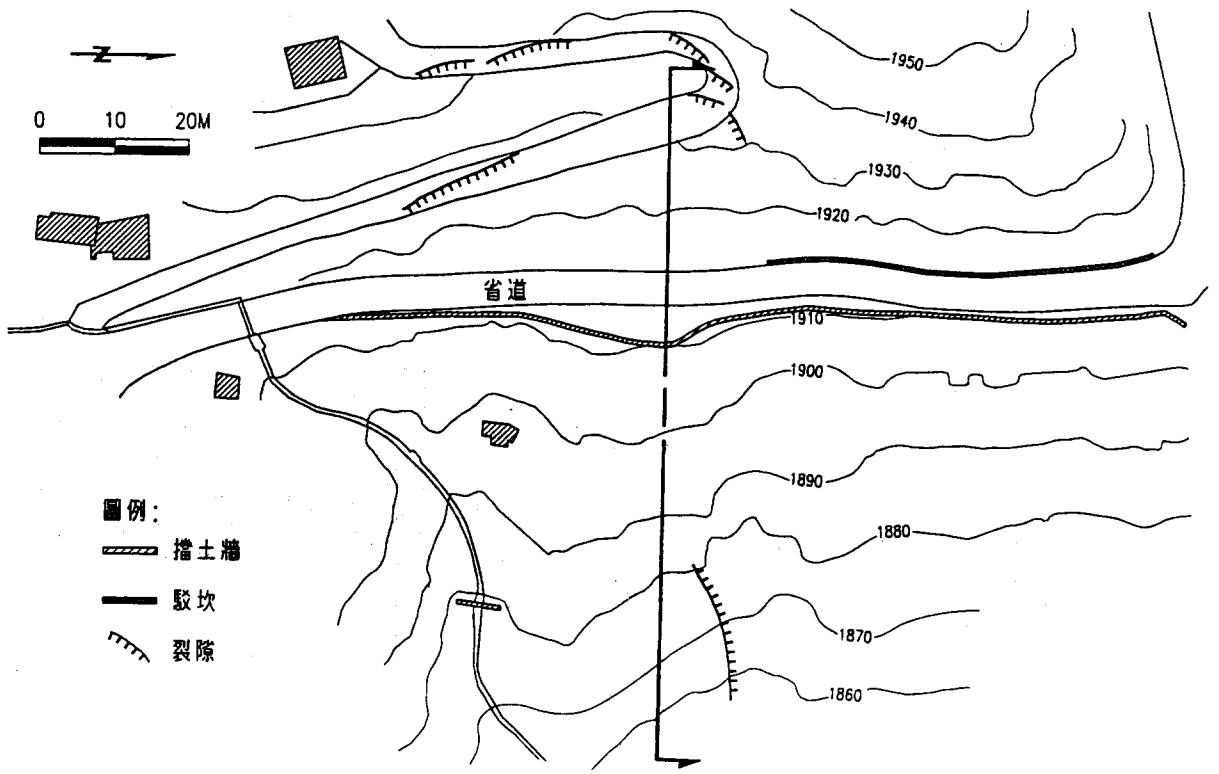


圖4 案例二整治方案平面配置圖（上）與土牆示意圖（下）



- 圖例：
- 擋土牆
  - 駁坎
  - 裂隙

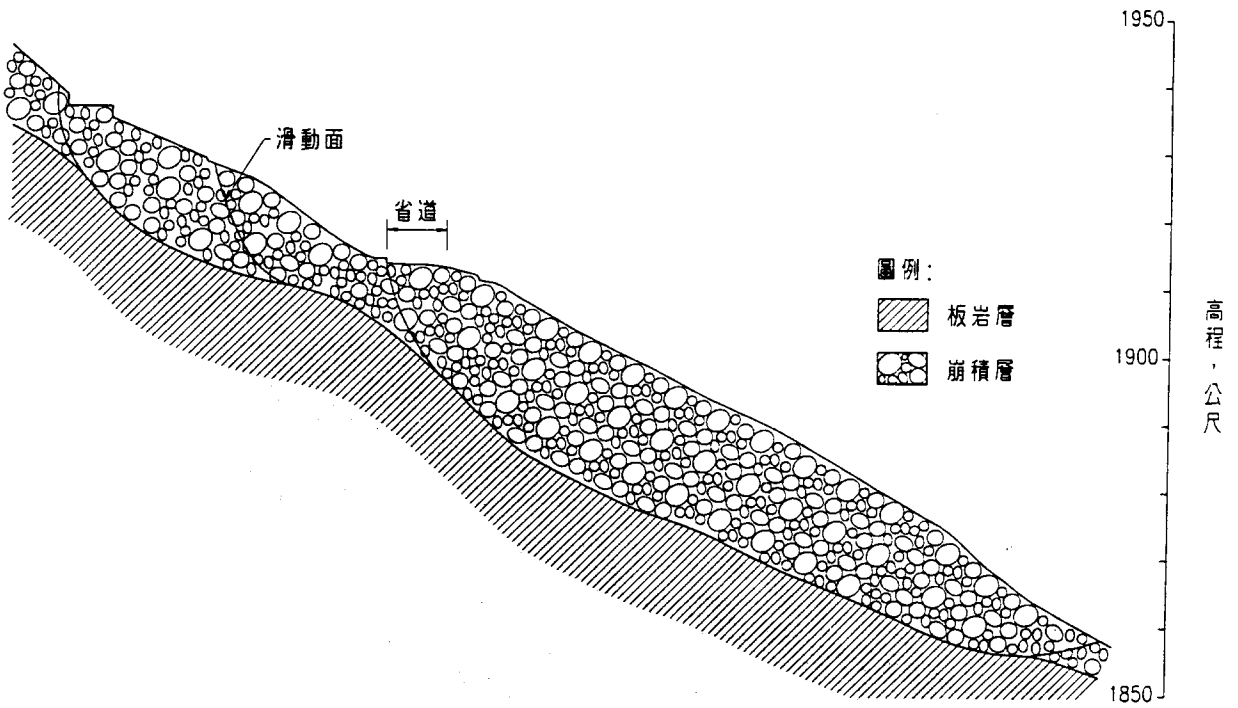


圖5 案例三地形圖（上）與地質剖面圖（下）

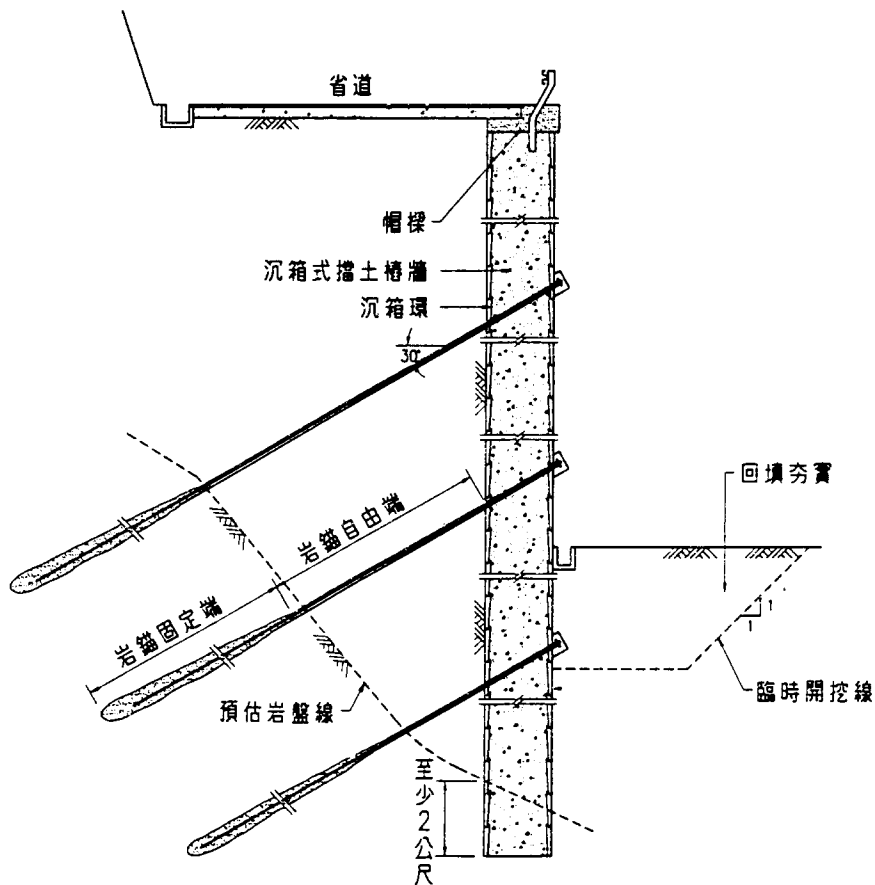
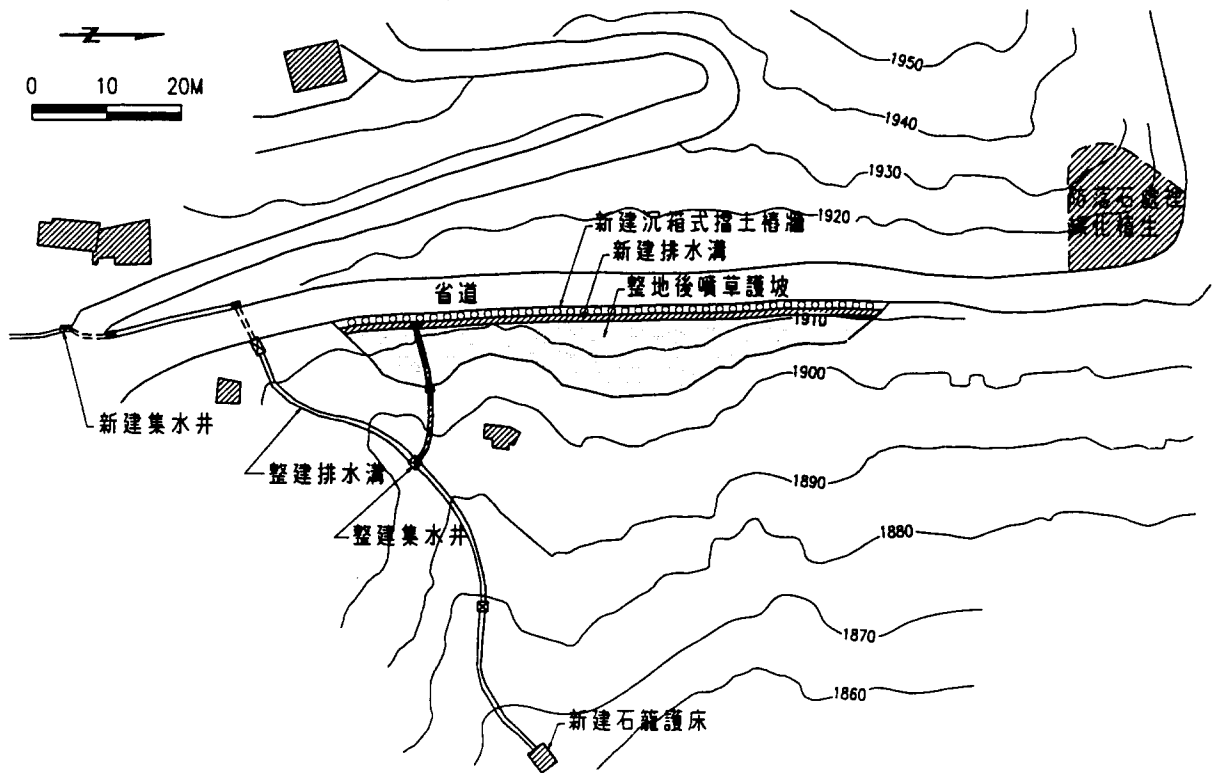


圖6 案例三整治方案平面配置圖（上）與沉箱式擋土樁牆剖面示意圖（下）