

地工照片說明

岩岸的解壓節理與落石災害

洪如江*

一、引言

本文所謂岩岸，係指岩質河岸或海岸，以高陡的峭壁型態出現。這種峭壁，常常含有平行或大致平行於岩岸的裂縫，而這些裂縫，根據研究係由於側向解壓程序所造成，故稱解壓節理。根據理論分析，這些解壓節理，多發生於峽谷之谷床、陡峭岩岸之較接近於岸腳處、與峭壁高處之局部。由於岩岸側向解壓變形之阻力，在峭壁高處遠小於在峭壁之底部；因此，解壓後之岩塊或岩板，常有倒懸之情形。而倒懸之岩塊，背後常有一道明顯可見之主要裂縫，近乎鉛直。接近岸腳處之解壓節理區，全高有達數十公尺或更高者；峭壁高處之局部解壓節理區，高於岸腳常達一百公尺左右或更高。

許多公路，常通過岸腳或其附近，其下邊坡，常因解壓節理之發達而致路基岩盤坍塌落河床，終於引起路基下陷；其上邊坡，也因解壓裂縫密集而致岩塊或岩板崩落路面，造成道路中斷或人車受損事件；至於高懸峭壁高處之局部解壓區，多次發生巨石（重約數噸至百噸）因地震、水壓或單純自重而墜落路面之災害。在這許多岩坡災害之中，以峭壁高處之局部解壓區所釋放出來的巨大落石最為危險。因為其體積，不論大小，相對於人車而言，還是極為龐大；其下落之速度，不論是直接落下、反彈之後再落至路面、或者是先落至陡坡中段再滾落路面，都是非常急速，時速有達百餘公里甚至二百多公里者，人車皆難逃避。

根據筆者在台灣地區、大陸大小三峽、英國與日本等地的觀察，凡峽谷，皆可發現解壓節理；許多海岸峭壁，也可發現解壓節理。這些解壓節理，常發生落石災害，造成傷亡、財產損失與交通中斷。

台灣的太魯閣峽谷與太極峽谷，多次發生落石慘案，人命傷亡慘重。最近的北濱公路落石慘案，也為社會所重視。

對付這種落石災害，首要找出解壓節理發達之地點，提出預警。清坡將危岩鏟除或炸除、建造落石棚、以迂迴隧道避開之、等等方法，都可以很有效。但若落石棚不夠堅強，落石質量太大而且落距太大，則反而提供一種安全上的假象。因此，落石棚之結構必須妥為分析、設計。迂迴隧道的深度也要在解壓區範圍之外。

二、照片說明

照片一至照片二：西寶隧道（台八線 164.6K）處之峭壁

西寶隧道處，中橫公路以高低二線，原採挖方型態通過，經常發生上、下邊坡之坍塌，造成交通阻礙。筆者多次前往勘查，認係解壓節理深入峭壁之故，實難完全採用修坡方式解決之。省公路局也在最嚴重之段，採隧道方式繞過，其上線之部分路面放棄不用。照片一之範圍較廣，包括上線部分路面、西寶隧道上口、下線部分路面、以及河床。照片二則集焦於該隧道上口處之峭壁。

此處之岩石屬大南澳片岩中之黑色片岩。路坡與片理斜交但與解壓裂縫大致

* 國立台灣大學土木工程學系教授

呈順向坡型態。此外，由於三組系統性弱面（片理與二組節理）再加解壓裂縫，岩坡相當破碎，風化中度，滲流水4至5級，故落石頻率亦高。

照片三至照片六：錐鹿隧道（台八線 177.5K）外側峭壁之解壓節理

此處岩質屬大理岩，解壓節理明顯，系統性弱面亦有多組，故岩盤相當破碎，常有落石災害。照片三至照片四為隧道西口附近之情形，解壓節理所形成之近乎鉛直裂縫明顯可見。照片五在於顯示平行岸壁之解壓節理及岩盤之破碎程度。照片六則為該處岸壁及解壓節理之局部近照。

照片七至照片八：燕子口（台八線 179K）附近峭壁之解壓節理

中橫公路在行經燕子口附近時，路面高程距河床不遠，目視粗估約在50公尺左右，岩盤屬大理岩，節理多組但略形零亂，岩質相當破碎。公路下邊坡沖刷嚴重，岸邊人行步道已採人工結構輔助通過；上邊坡解壓節理明顯，照片七示其一般情形，照片八為其近照。

照片九至照片十：馬陵三號隧道東口之解壓節理

馬陵三號隧道東口，岩質破碎（照片九），平行谷岸之解壓節理明顯，由照片九及照片十皆可見之。照片十所示之隧道，已經放棄。目前內移之隧道口尚且以落石棚（俗稱假隧道）保護，攔截懸崖上部墜落之石塊。照片十所示之舊隧道口，其形狀也深受地質構造（節理）之控制。

照片十一：接近谷底處谷岸解壓節理之例

太魯閣峽谷，在接近谷底附近之岸壁，解壓節理之發育，相當普遍而且明顯，照片十一示其一例。

照片十二：谷岸高處局部解壓節理區之例—長春祠落石災變

照片中之長春祠建築係災變後重建者。原來建築已被埋沒在其左側之落石堆中。照片中下方河床邊所堆積之落石堆，部分已長草，部分仍然新鮮，皆係由谷岸（峭壁懸崖）高處所落下。而谷岸高處的幾個白色岩面，就是所謂的「局部解壓節理區」，其外覆岩塊已因解壓節理之張開而自懸崖脫離並墜落，部分岩塊且在岩坡中途碰撞而彈跳或滾落。

照片十三至照片十六：海岸峭壁解壓節理之例—崇德落石災害

立霧溪口北岸附近之崇德，蘇花公路之山側，為一陡峭之大理岩懸崖，由於解壓節理發達，多次發生落石災害，落石塊威脅到蘇花公鐵路與附近房舍。照片十三（全景）與照片十四（近照），攝於民國81年底，岩壁面上之解壓節理裂縫明顯可見。民國83年6月再訪之時，變化不大；至民國84年8月12日往訪時（照片十五，遠景；照片十六，近照），該岩壁已經坍塌，坍塌岩方龐大，末端已逼近蘇花公路。

三、誌 謝

感謝行政院國家科學委員會（防災研究計畫）多年支持中橫公路岩坡與解壓節理方面之研究。太魯閣國家公園管理處提供多項協助與支援，台灣省公路局各級單位提供資料與方便，台大土木系鄭富書教授、中大應用地質研究所林銘郎教授，提供研究上及現地調查上之協助，凡此，皆一併誌謝。



照片二 西寶隧道處 (台八線 164.6K) 之峭壁近照



照片一 西寶隧道處 (台八線 164.6K) 之峭壁與下線公路
及溪谷關係



照片四 錐鹿隧道 (台八線 177.5K) 外側峭壁之解壓節理
(2/4)



照片三 錐鹿隧道 (台八線 177.5K) 外側峭壁之解壓節理
(1/4)



照片六 錐鹿隧道 (台八線 177.5K) 外側峭壁之解壓節理
(4/4)



照片五 錐鹿隧道 (台八線 177.5K) 外側峭壁之解壓節理
(3/4)



照片八 燕子口 (台八線 179K) 附近之解壓節理 (2/2)



照片七 燕子口 (台八線 179K) 附近之解壓節理 (1/2)



照片九 馬陵三號隧道東口之解壓節理，全景



照片十 馬陵三號隧道東口之解壓節理，近照



照片十一 接近谷底處谷岸解壓節理之例



照片十二 谷岸高處局部解壓節理區之例：長春祠落石災變



照片十四 海岸峭壁解壓節理之例：崇德大理岩懸崖局部近照
(民國 81 年底)



照片十三 海岸峭壁解壓節理之例：崇德大理岩懸崖全景
(民國 81 年底)



照片十五 海岸峭壁解壓節理之例：崇德大理岩懸崖坍落全景(84 年 8 月)



照片十六 海岸峭壁解壓節理之例：崇德大理岩懸崖坍落之局部近照(84 年 8 月)