

涵管土石便道安全性及成效評估之探討

§ 以石圍橋臨時便道為例 §

汪令堯

更新日期：2010 年 04 月

一、前言

921 集集大地震後，臺中縣東勢鎮為傷亡最為慘重的災區之一，除了房屋倒塌無數外，多數橋梁亦發生傾倒或落橋的現象，使得對外交通幾乎完全中斷；迅速恢復通車即成為首要任務。

然而災區在斷層蹂躪下，道路柔腸寸斷，外加停水停電，景況惡劣至極。為求爭取時效，石圍橋即選擇涵管土石便道做為臨時便道，並迅速搶建完成恢復通車；同仁們這種不眠不休的工作精神，當時也曾獲得國人之高度肯定。

但涵管土石便道並非一般橋梁，兩者之安全性不能相提並論，故不能在不了解臨時便道有限的安全性之情況下，任意延用。作者有幸做為搭建石圍橋臨時便道之主辦工程司，願意在該便道二度出現問題後，深入探討影響涵管土石便道安全性之因素，期能使同業人員深入了解涵管土石臨時便道之安全性與特性。

二、石圍橋概況

2.1 災前石圍橋結構

- (1) 總長 75 公尺曲線橋，半徑 170 公尺，橋寬 24 公尺。
- (2) 北上線，南下線橋梁分離 @25 公尺簡支 PCI 梁，每孔 5 支梁。
- (3) 單柱式橋墩、沉箱基礎構造。
- (4) 民國 83 年 9 月竣工。

2.2 災後石圍橋損壞情形

- (1) 南下線第 2、3 孔及北上線第 3 孔橋面落橋（詳照片 1）。
- (2) 南下線 P2 橋墩破壞，並向卓蘭端傾斜。
- (3) 北上線 P2 橋墩破壞，並向上游側傾斜。
- (4) A2 橋台（東勢端）嚴重傾斜毀損，堤岸道路擋土牆崩倒。
- (5) A1 橋台（卓蘭端）下陷，路面受擠壓破損。
- (6) 北上線 P1 橋墩有明顯剪力裂縫。
- (7) 橋墩沉箱均有傾斜情形。
- (8) 北上線第 1 孔橋面主梁產生嚴重位移，支承長度不足，有落橋之可能。

- (9) 無落橋之各橋面構造有嚴重位移，致使伸縮損壞欄杆擠壓。
- (10) 北端往東勢引道左側擋土牆與路面龜裂，擋土牆側移。

三、石圍橋臨時便道概況

3.1 初期概況

搶通型式：

採埋設水泥涵管穿越行水區之土堤便道型式搶通道路，恢復並維持雙向通車。

工程地點：

位於台 3 線 163k+210~285 卓蘭與東勢交界，跨越沙蓮溪之石圍橋與玉成橋間（玉成橋 921 震災時亦遭震毀詳照片 2）。

工程內容（詳圖一～圖四）：

- (1) 路面寬度 9.2 公尺，長 154 公尺，路堤高度 6~10 公尺，最大縱坡 $S_{max}=8\%$
- (2) 行水區埋設水泥涵管 $\phi 1.5m$ - 15 道計 139 支（每道 8~11 支） $\phi 1.2m$ - 4 道計 39 支（每道 8~11 支）。
- (3) 便道路面兩側施設活動式紐澤西護欄計 350 座。
- (4) 路堤兩側坡面鋪設 10cm 厚水泥拍漿。
- (5) 民國 88 年 9 月 28 日竣工全面開放通車（詳照片 3~6）。

便道維護：

臨時便道完工通車後至石圍橋重建工程發包前，係由臺中工務段養護（88.9.28~89.2.28），因石圍橋橫跨沙蓮溪（大甲溪支流），其上游為大雪山山系，該河系洪水位屬瞬間暴漲型，如逢大雨除洪水暴漲外山區大量垃圾、浮木隨流而下，便道涵管排水孔極易被堵塞致水位迅速上升危岌便道安全，故臺中工務段於養護期間每逢豪雨均隨即調派人員機具前往現場清除上游漂流造成堵塞之垃圾、浮木等，以維持排水涵管之通暢，避免因涵管堵塞對便道造成破壞，危及行車安全，使該便道充分發揮並維持應有之交通輸運功能（詳照片 7、8）。

3.2 第一次潰堤

89.4.29 凌晨，因連日豪雨洪水暴漲及上游漂流大量垃圾、浮木，堵塞便道水泥涵管排水孔（詳照片 9），致洪水位暴漲淹沒便道路面（路堤路面高度最低為 6 公尺），再加上路堤坡面 P.C 護坡遭大量浮木撞擊破壞產生裂縫（詳照片 10），使洪水由裂縫滲入路堤內部，產生淘空、管湧與液化現象，造成行水區便道路面下陷約 40 公分深、15 公尺長之損

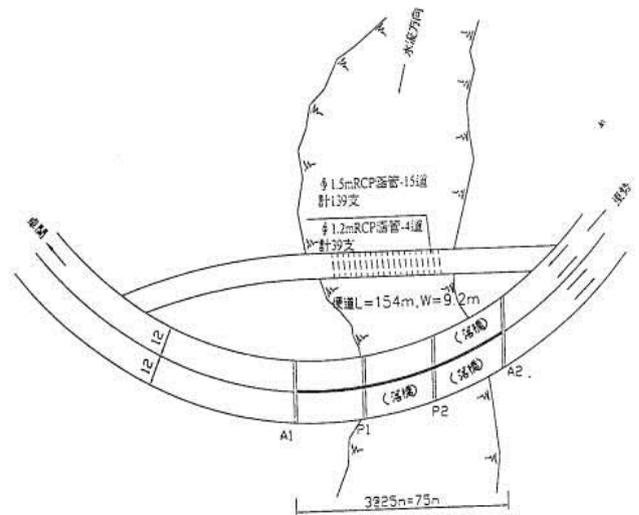
壞（詳照片 11），交通因而中斷，經緊急搶當日下午三時恢復通車（詳照片 13）。

3.3 第二次潰堤堤

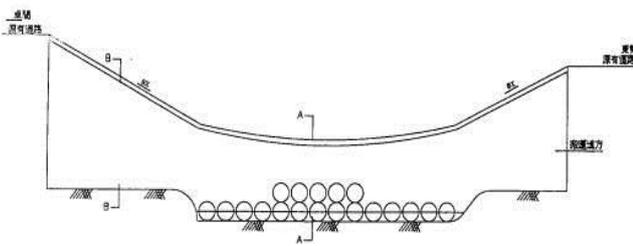
89.6.17 凌晨再因連日豪雨的侵襲，臨時便道又再次遭洪水沖損，主要原因仍是洪水暴漲，再加上 89.4.29 第一次潰堤時流木衝損之 P.C 護坡裂縫及原便道路面損毀後未修復原狀，洪水位上升後仍與上次損毀便道之情形相同即洪水淹沒路面，再次將土堤內細粒料大量帶出，在便道未恢復原狀下此次造成的損壞必然更甚於前，其路面下陷深度達 3M，長度達 30M（詳照片 13、14），經再次搶修於隔日 89.6.18 下午 2 時恢復通車（詳照片 15、16）。



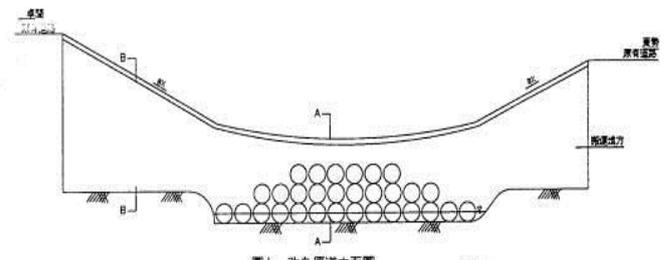
台三線石圍橋位置示意圖



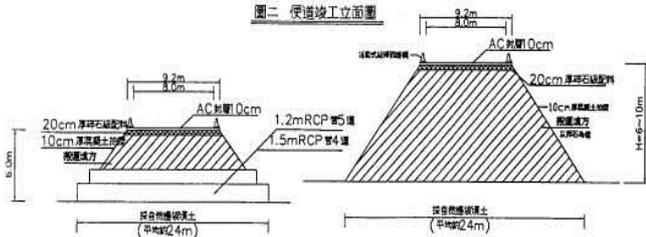
圖一 石圍橋臨時便道竣工平面圖



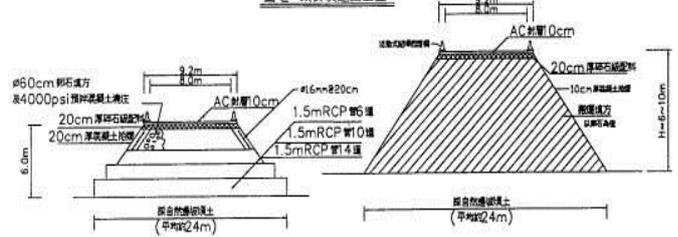
圖二 便道竣工立面圖



圖七 改良便道立面圖



圖三 A-A 斷面（簡易便道）圖四 B-B 斷面



圖八 A-A 斷面（改良便道行水區）圖九 B-B 斷面（改良便道非行水區）

四、涵管土石臨時便道之安全性分析

4.1 臨時便道之特性

臨時便道並非一般橋梁，其特性僅在於救急；而在救急功能完成後，理應儘速拆除；惟由於災區需經調查及工程設計、發包、施工費時的情況下，使得臨時便道必須肩負如一

般橋梁維持交通的功能。

4.2 淘空現象

當洪水以每秒超過 2 公尺的速度大量湧至時，臨時便道在涵管斷面宣洩不足下，導致洪水高漲，臨時便道之安全係數降低；當洪水淹沒臨時便道，並順著下游坡面急速溢流時，便道底部混凝土無法保固之土石，即在尾水真空拖曳力作用下產生淘空現象。

4.3 管湧現象

當洪水高漲，使得便道上下游側水位高度不同時，便道土石孔隙中滲流水壓逐漸升高，在材料性質與夯實度無法適度掌握下，高壓力水將夾雜土石向下游滲流，繼而產生管湧現象。

4.4 飽和軟化現象

當上游面因流水衝撞而產生局部破裂現象時，洪水滲入土石孔隙後，其孔隙水壓力增大，便道土石產生局部飽和現象而造成軟化塌陷。

4.5 影響涵管土石便道安全之因素

上述掏空、管湧與飽和軟化等三種現象，其中任何一種或一種以上之組合，均可能引發便道之潰堤、或在便道土石流失後造成下陷，影響安全的景象。

4.6 以石圍橋涵管土石便道為例

兩次便道潰堤全係因連日豪雨洪水暴漲及從上游漂流下大量垃圾堵塞其涵管；使排水不及致洪水漫過便道路面造成淘空現象；再加以便道上游側 PC 護坡遭巨型流木撞擊破裂，迫使便道因淘空、管湧與飽和軟化等現象而潰堤破壞。而在石圍橋重建工程竣工通車前（預定 89 年 9 月底完工），該便道仍可能會遭遇到因颱風所帶來的暴雨侵襲；在此狀況下如何維護其安全，就有賴施工單位費心維護了。

五、涵管土石臨時便道評估與改良

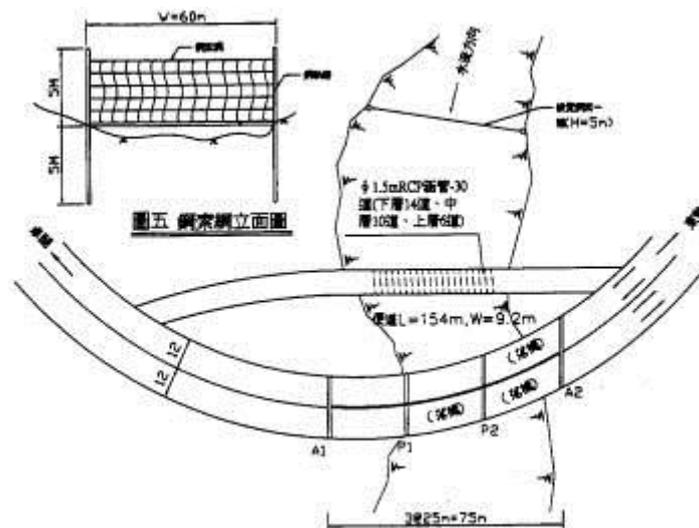
5.1 成效評估

本工程因水泥涵管中部地區缺貨致 5 個工作天完成便道工程如未因材料供給及設計變更等問題干擾整個施工步驟，在日夜趕工下應可於 4 個工作日內完成，如改採於行水區架構鋼便橋方式施作便道，概估在日夜趕工下仍需超過 20 個工作天，且所需經費必超過本工法三倍以上。故雖然採涵管土石便道在防洪安全性較差，但考量救災之時效性、經濟性與功能性，涵管式土堤便道仍不失為緊急救災搶修恢復交通較佳之方法。

5.2 涵管式土堤便道之改良

石圍橋涵管式土堤便道經兩次潰堤經驗分析結果：主要仍是涵管排水孔遭垃圾堵塞及洪水位升高（達 6~7m）淹沒土堤便道，而導致損毀。如何加強涵管式土堤便道之安全性，以本案為例建議改良如下：

- (1) 在便道上游約 50M 處之河岸兩端打設鋼軌樁（或施作方基礎圓柱），設置一道橫越河床約 5M 高之鋼索網（詳圖五、六），並定期派員清除其攔截下來之漂流物、垃圾等以防止涵管堵塞以利排洪。
- (2) 本工程行水區埋設 $\phi 1.5\text{m}$ 水泥涵管下層 14 道；上層 5 道，可增設到 3 層 30 道（下層 14 道、中層 10 道、上層 6 道），其排水量可增加約達 60%，而涵管上方以粒徑 60cm 以上卵石回填，並以 $f_c'=280\text{kg/cm}^2$ 預拌混凝土灌漿，行水區兩側坡面以鋪設鋼筋混凝土護坡（詳圖六~九），即可有效排洪及抵抗洪水與流木的衝擊力，可避免因排洪不及與衝擊破壞所造成之掏空、管湧與飽和軟化等現象導致便道損毀。
- (3) 單柱式橋墩、沉箱基礎構造。



圖六 改良便道平面圖

六、結 論

本文以石圍橋便道加以探討研究作如下結論：

1. 橋梁破壞後搭建之臨時便道，其安全性有限，理當在應急功能完成後立即拆除，不宜將其視為永久性結構使用。
2. 影響涵管土石便道安全之主要因素有淘空、管湧與飽和軟化等三種因素，而這三種因素均可能在洪流湧至時出現，因此涵管土石便道在洪水季節即呈現高度不穩定的現象。
3. 基於上述研究成果，建請有關單位優先辦理損壞之橋梁復建工程，以縮短涵管土石便道之使用期間，以保障國人之行車安全。



照片 1 石圍橋南端二跨橋面墜落



照片 2 石圍橋上游處之玉成橋亦遭震毀



照片 3 臨時便道竣工後通車情形（東勢端）



照片 4 臨時便道竣工後通車情形（卓蘭端）



照片 5 石圍橋落橋與便道



照片 6 石圍橋下游處護岸亦遭震毀傾倒



照片 7 便道上游側清除雜物洪水排放情形



照片 8 二月豪雨期便道排水及通車情形



照片 9 第一次潰堤便道上游側涵管堵塞情形



照片 10 第一次潰堤便道上游側 PC 護坡遭流木撞擊產生裂縫



照片 11 第一次潰堤便道路面下陷情形

照片 12 第一次潰堤便道修護後通車情形



照片 13 第二次潰堤便道損壞情形



照片 14 第二次潰堤便道損壞情形



照片 15 第二次潰堤便道修護後情形



照片 16 第二次潰堤便道修護後情形