

1999 年台湾集集地震における石圍橋の被害分析

大日本コンサルタント(株) 正会員 田崎 賢治

九州工業大学 正会員 幸左 賢二, 山口 栄輝

1. はじめに 1999 年 9 月 21 日, 台湾の中央部集集で発生した M7.6 の大地震では, 台中県, 南投県を中心に甚大な被害が生じた. 筆者らは地震後, 台中県を中心に橋梁の被害調査および測量調査を実施した.

本文では, これらのうち, 特徴的な損傷を生じた石圍橋について, 詳細な損傷状況と測量調査から推定した損傷メカニズムについて報告を行う.

2. 構造条件 台中縣石岡郷地区に位置する本橋は省道 3 号線上にあり, 大甲溪の支流を渡河する上下線分離 3 車線の 3 径間単純曲線橋である (1994 年 9 月竣工). 上部構造は RC 5 主けた, けた長は 24~25m 程度, 幅員は 11~12m 程度でゴム支承で支持されている. 橋脚は RC 小判型橋脚で, 断面は 3.9m×1.5~1.8m, 高さが柱下端からはり天端まで 9m 程度である. また, 斜角が 55 度~85 度程度まで変化している.

3. 被害状況 被害状況を写真 - 1 および図 - 1 に示す. 東勢方面線では D2 と D3 の北側のけた端部がそれぞれ P1 と P2 より落橋している. また, 卓蘭方面線でも D3 北側けた端部が P2 より落橋している. 東勢方面線の P1 橋脚には大きな損傷は見られず, A1 橋台側に 0.9° 程度傾斜している. P2 は橋脚自体に大きな損傷は見られないが, 基礎が大きく回転しており, P1 側に 10.3° 程度, 東側 (橋軸直角方向側) に 4.8° 程度傾斜している. 一方, 卓蘭方面線の P1 橋脚は, 高さ 2m 付近で東西方向にせん断および曲げひび割れが生じ, 北側基部でコンクリートが剥離している. さらに A1 橋台側に 2.2° 程度傾斜している. P2 は橋脚自体に大きな損傷は見られないが, 基礎が大きく回転しており, P1 側に 7.6° 程度, 東側に 3.4° 程度傾斜している. 全体として橋脚が北側に傾斜している. 本橋周辺では写真 - 1 からわかるように, 右岸側 (A2 側) の川岸で大きな斜面崩壊が生じている. この斜面とつながる川岸から 100m 程度の丘陵地では川方向に地滑りが生じており, 断層の影響を受けた可能性があるとの報告もある¹⁾.



写真 - 1 石圍橋の被害

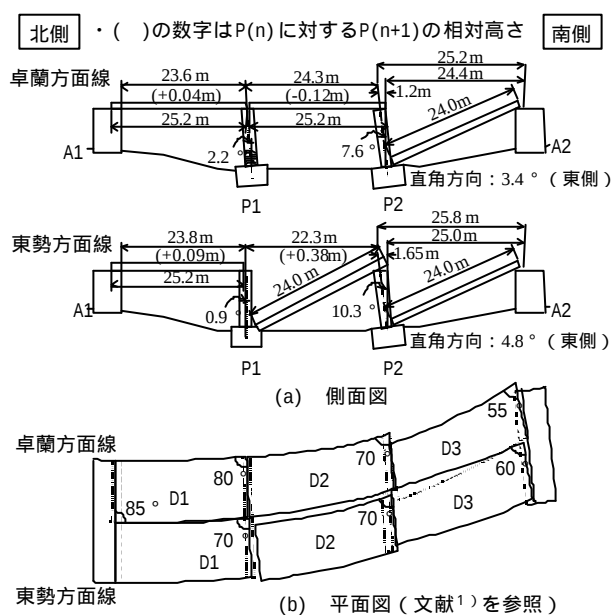


図 - 1 石圍橋の被害概要と測量結果

4. 被害分析

4.1 D3 の落橋メカニズムの推定 図 - 2 には, 下部構造間距離とけた長の測量結果を併せて示している. これによると, 両方面線で落橋に至った D3 を支持する P2 と A2 間の距離が, 東勢方面線は 25.0m, 卓蘭方面線は 24.4m で, いずれの路線もけた長の 24.0m よりも長くなっているため, 落橋に至ったことがわかる. D3 の落橋は右岸側の大規模な斜面崩壊から裏付けられる地盤変状によって P2 基礎が回転することにより北側に大きく変位したことが主たる原因と考えられる. このことは, P2 橋脚の回転による橋脚天端の水平変位が, 東勢方面線で 1.64m (回転角 10.3°), 卓蘭方面線で 1.2m (回転角 7.6°)

キーワード: 橋梁, 地震被害, 集集地震, 石圍橋

連絡先: 〒343-0851 埼玉県越谷市七左町 5 - 1 TEL 0489-88-8111, FAX 0489-88-3115

であり、地震前の P2～A2 間の支間長 24.0m にこれらの回転変位を各々加えると、地震後の測量結果による支間長（東勢方面線：25.8m，卓欄方面線：25.2m）にほぼ等しくなることから裏付けられる。また、P1～P2 間についても、地震前の支間長が東勢方面線で 24.0m，卓欄方面線で 25.2m であり、回転変位を各々差し引くと、地震後の測量結果による支間長（東勢方面線：22.3m，卓欄方面線：24.3m）にほぼ一致する。

4.2 東勢方面線 D2 の落橋メカニズムの推定 東勢方面線で P1 と P2 間の距離がけた長よりも短くなっているにもかかわらず落橋に至った D2 については、写真 - 2 に示す東勢方面線 P1 上のけた位置によると、D1 側のジョイント部分が橋脚天端の中間くらいに存在していることから、D1 側が単純に橋軸方向に押し出した形ではないと考えることができる。本橋は図 - 1 に示すように、斜角が 55 度～85 度まで変化する斜橋であるため、東勢方面線 D2 けたの回転挙動により、幾何学的に落橋に至った可能性の有無を検証する。けたが回転挙動したことは、卓欄方面線 P1 上でけた間隔が片側のみ 30cm 程度開いている写真 - 3 から明らかである。ここで、東勢方面線 D3 の落橋後に D2 が落橋したと仮定する場合、D2 回転時に隣接の D3 は存在しない状態である。D2 の回転により、P1 橋脚上から脱落する条件は図 - 2 に示すように、けたの中心が橋脚天端のけたかかり長（75cm）以上変位する場合である。図 - 2 によると、P2 天端位置が直角方向に 3m 近く変位しなければ、脱落の条件を満足しないことになる。地震後、P2 橋脚の直角方向の傾斜は、橋脚天端位置で 75cm 程度であるため、D2 落橋時に 3m 近く変位することは考えにくい。逆に、P2 橋脚上で 75cm 変位した場合にけたが脱落する条件を示したものが図 - 3 である。これによると、P1 橋脚上の変位は 38cm となり、橋軸方向に 37cm の変位が生じたと想定すれば落橋の可能性があるとと言える。

5. まとめ

- (1) D3 の落橋は、右岸側の大規模な斜面崩壊から裏付けられる地盤変位によって P2 基礎が回転することにより北側に大きく変位したことが主たる原因と考えられる。
- (2) 東勢方面線 D2 と D3 の落橋の順序は明確にわからないが、いずれにしても慣性力と地盤変位の複合的な作用により、D2 けたが橋軸方向に 40cm 近く変位し、さらに、けたの回転挙動により P1 橋脚上のけたかかり長を超えて落橋に至った可能性が高い。

参考文献

- 1) 川島一彦，庄司学，岩田秀治：1999 年集集大地震における道路橋の被害と被災メカニズム，文部省突発自然災害調査団 1999 年台湾集集大地震報告会資料，1999.11



写真 - 2 東勢方面線 P1 上のけた位置



写真 - 3 卓欄方面線 P1 上のけたの回転変位

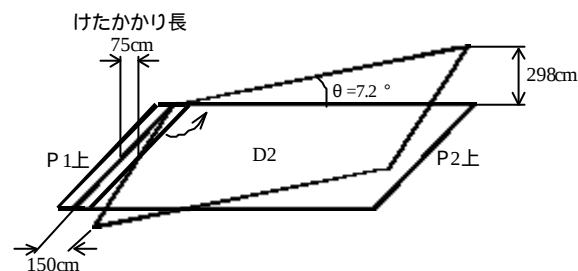


図 - 2 けたの回転により D2 が P1 上から脱落する条件

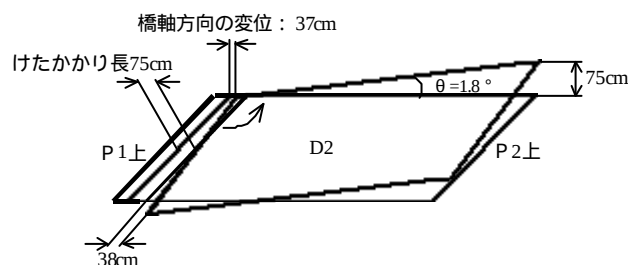


図 - 3 P2 上の変位が 75cm になる場合のけたが脱落する条件