

台湾地震による烏溪橋の被害分析

九州工業大学 建設社会工学科 正会員 幸左賢二・山下由貴
 大日本コンサルタンツ(株) 正会員 田崎賢治
 建設技術研究所(株) 正会員 鈴木直人

1. はじめに

集集大地震では、台中県、南投県を中心に橋梁にも甚大な被害が発生した。ここでは、桁の落橋や橋脚のせん断といった特徴的な損傷を生じた烏溪橋について、筆者らが独自に実施した被害状況調査から損傷原因を推定した。

2. 上流側橋梁損傷推定

烏溪橋は台中市南部を流れる大肚溪に架かる支間長 30 ~ 40m の P C 単純桁からなる全橋長 624. 5m, 17 径間の橋梁である。上流側は 3x9m の小判型断面であるのに対して、下流側は 2x6m の壁式断面であり、基礎は直径 6m のケーソンとなっている。周辺の地震観測記録より架橋地点の最大地表面加速度を推定すると 400 ~ 500 Gal 程度と考えられる。図 - 1 に示すように、上流側橋梁は端部桁 2 連が落橋するとともに、A1 橋台上の端部舗装面が 50cm 程度盛り上がり、A3 橋脚上では、桁端部に衝突と思われる損傷が認められた。図 - 2 に示すように地震による橋軸方向の橋脚間移動量を、現地で実施した測量結果と当初設計図の比較により求めると、上流側では A3 ~ A4 橋脚のみが 1. 2m 縮まっている。台湾側で実施された橋脚付近の地盤測定によると、A3 ~ A4 および B3 ~ B4 橋脚間を断層が横切っており、地盤は橋軸、橋軸直角および鉛直方向にそれぞれ 1. 6 ~ 1. 8m, 1. 8 ~ 2. 0m, 1. 8 ~ 2. 0m 移動していると報告されている。上流側の A3 ~ A4 橋脚間の移動量 1. 2m は、地盤の橋軸方向の移動量 1. 6 ~ 1. 8m に対応していると考えられる。以上の測定結果から、上流側の損傷メカニズムは以下と推定される。

① A3 ~ A4 橋脚間における地盤の縮みにより、A3 桁 (A3 ~ A4 間の桁) が橋軸北側方向に押し出される。

② A3 桁が A2 桁 (A2 ~ A3 間) と衝突し、A2 桁を押し出し、同様にして A1 桁を押し出す。その結果、A1 桁端部が橋台と衝突し、橋台が損傷するとともに橋梁舗装面が膨れ上がる。落橋に至ったことから、橋台は 50cm 以上傾いたと思われる。

③ 北側端部 A1 桁 (A1 ~ A2 間の桁) では、移動量が 50cm に達し、A2 橋脚の桁かか

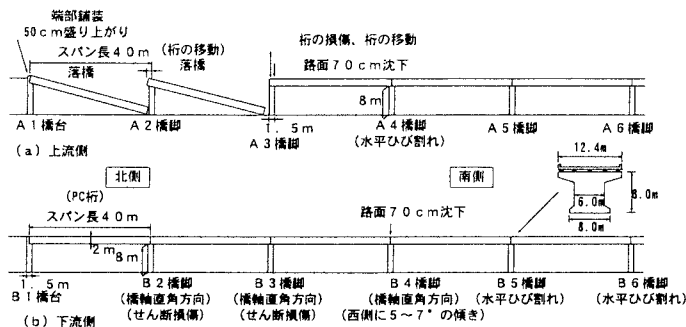
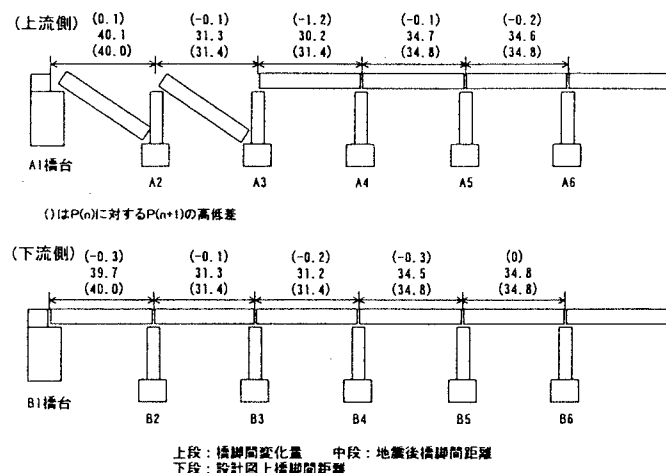


図 - 1 烏溪橋損傷状況



上段：橋脚間変位量 中段：地震後橋脚間距離
下段：設計図上橋脚間距離

図 - 2 橋脚間移動量(単位：m)

り長を超えて、落橋に至る。

④同様にA2桁の移動が大きく、A3橋脚の桁かかり長を超えて落橋に至る。

ここで、注目すべきことは、断層を横切る橋梁ばかりでなく、隣接桁が落橋などの被害を受けていることである。同様の結果は、図-3に示すようにトルコ地震でも観察されている。烏溪橋では、断層間が縮んだため、隣接桁は玉突き衝突により落橋に至った。これに対してトルコのArifiye高架橋では断層が広がったために断層を横切る橋梁が落橋するとともに、連結床版構造となっていた隣接桁が断層の開き、あるいは地震動により押し出されて落橋に至る現象が発生している。

3. 下流側橋梁損傷推定

下流側の橋脚は、図-4に示すようにB2、B3の壁式橋脚が橋軸直角方向に大きくせん断損傷しており、ひび割れは貫通していた。B4橋脚では橋脚自体には大きな損傷は認められないものの、基礎部にはせん断損傷が生じ、下流側に5〜7°傾いており、路面には70cmの沈下が認められた。また、B5、B6橋脚には曲げタイプの水平ひび割れが橋脚中間部で認められた。現地測定の結果、B4、B5橋脚天端はほとんど移動していないものの、橋脚基礎は西側に2m移動している。以上から、B2、B3橋脚の損傷原因としては、大きな橋軸直角方向への地震力、あるいは地盤の移動に伴う橋脚の変形によるせん断損傷が考えられる。仮に地震動による損傷として現行道路橋示方書により保有水平耐力照査を行うと、図-5に示すように、橋軸直角方向の降伏耐力が500tf(降伏モーメント3500tf・m)、終局曲げ耐力が640tf(終局モーメント4500tf・m)、せん断耐力が315tfとなっている。これを躯体重量728tfで割ると等価水平震度は0.45となる。この等価水平震度は、阪神大震災における阪神高速道路3号神戸線の被災橋脚の平均的等価水平震度である0.41にほぼ対応している。壁式橋脚のせん断耐力は複雑であると考えられるが、通常の計算手法ではせん断耐力は比較的小さい値となっている。

4. まとめ

烏溪橋を対象とした、現地における被害状況調査に基づく損傷分析結果を以下にまとめる。

- ①上流側は、1.2mの橋軸方向への断層の縮みにより、断層上のA3桁が北側に押し出され、玉突き衝突によりA1、A2桁が落橋した。
- ②下流側のB2、B3橋脚の損傷原因としては、橋軸直角方向の水平力あるいは地盤の移動に伴う橋脚の変形によるせん断損傷が考えられる。

参考文献

1) 土木学会、第3回橋梁構造等の耐震設計法に関する講習会資料、pp. 189-202, 2000. 10.

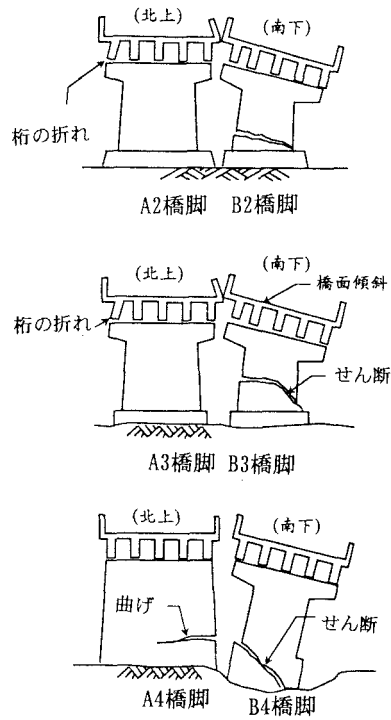


図-3 橋梁被害模式図

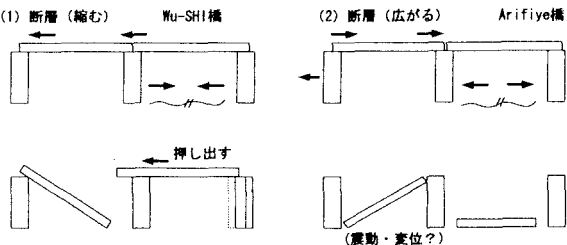


図-4 橋脚損傷図

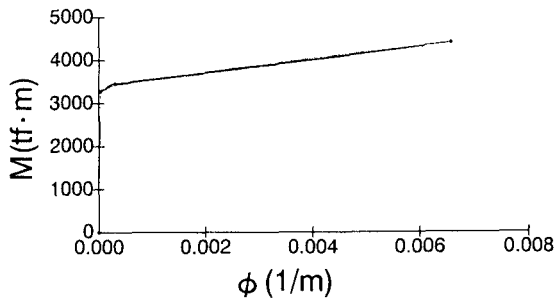


図-5 モーメントー曲率関係