

## 台湾地震による台中付近の橋梁被害概要

幸左賢二<sup>1</sup>・森伸一郎<sup>2</sup>・沼田淳紀<sup>3</sup>・大原繁<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 Ph.D. 九州工業大学工学部（〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1）

<sup>2</sup>正会員 工博 愛媛大学工学部（〒790-8577 愛媛県松山市文京町三番）

<sup>3</sup>正会員 飛島建設（株）（〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬5472）

<sup>4</sup>正会員 飛島建設（株）（〒231-0023 横浜市中区山下町162-1）

### 1. まえがき

1999年9月21日、台湾中部で発生した大地震により台中県周辺を中心に大きな被害を生じた。著者らは地震後約1週間の9月28日より10月3日まで台中県を中心に現地調査を実施した。本報告は、このうちの橋梁関係の被害状況を取りまとめたものである。なお、調査は目視を主としており、現時点では図面等の照査を実施しておらず、正確さに欠いた表現も多いことを了解していただきたい。

### 2. 全体被害概要

調査範囲は台中県を中心として、橋梁調査に3日、港湾構造物調査に1日、建物調査に1日を割いた。図-1に全体調査位置図を示す<sup>1)</sup>。大まかな印象としては、台中市内でも一部高層ビルは倒壊しているものの被害範囲は比較的小さく、断層沿いを中心として局所的である傾向が見られた。また、土木構造物の主な被害としては、橋梁の損傷、斜面崩壊が多く見られた。このうち、橋梁被害の特徴としては次の2つに分類される。

①主に橋梁間のずれにより落橋に至ったが、橋脚には損傷が認められない。

石圍橋・稗豊橋・長庚大橋・石岡ダム通路橋・一江橋

②地震動あるいは地盤の移動により橋脚に大きな損傷を生じている。

名竹大橋・烏溪大橋・東豊大橋

以上が現地で著者らが直接確認した橋梁で、その他にも多数の落橋・通行止の橋梁が報告されている。

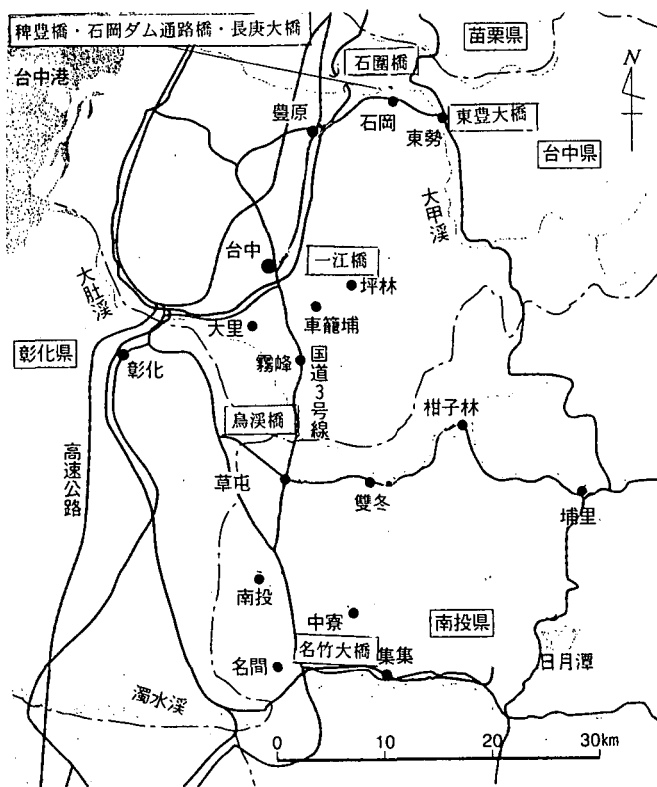


図-1 調査橋梁位置図

### 3. 目視調査橋梁

#### (1) 稗豊橋

目視のみにより損傷状況を調査した橋梁を以下に示す。稗豊橋では左岸側の橋脚が断層活動により約10m盛り上がり、左岸側橋脚および桁が倒壊している。また、河川には断層活動により滝が形成されている。上下の断層移動により桁および橋脚が倒壊したと考えられる。

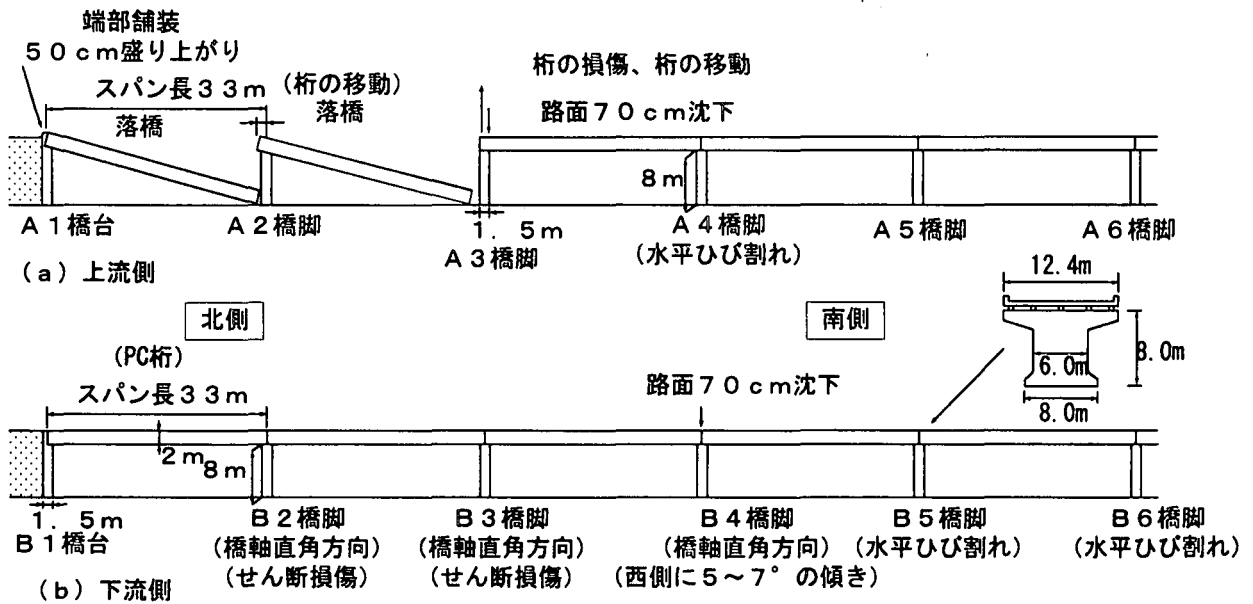


図-2 烏溪橋損傷状況

(2) 石圍橋

R C橋脚上の曲線橋が落橋している。橋脚自身は傾いてはいるが損傷は見られない。

(3) 石岡ダム通路橋

断層ずれにより、右岸側のダム上の通路橋が2連落橋している。また、右岸側では激しい断層ずれにより路面が大きく変状している。

(4) 一江橋

地盤変状に伴い橋脚が傾き、橋脚と桁端部が拘束されていたため、桁自身が押し出された。ついで、桁同士の玉突き現象により隣接桁が押し出され、桁が落橋した。

(5) 東豊橋（補修工事中）

上り、下り車線境界の中央側のスラブに30cmの段差が生じ、長さ20mに渡って陥没していた。上流側橋脚上の桁が橋軸直角方向に移動することにより、橋座が損傷し、下流側橋脚上の隣接桁との間に段差を生じていた。また、他の部分でも桁端部の損傷、橋脚のせん断損傷が認められた。このため本線上を片側通行とするとともに、補修工事も実施中であった。

4. 概略調査橋梁

(1) 烏溪橋

目視および概略寸法計測により損傷状況を調査した橋梁を以下に示す。烏溪橋の損傷状況は図-2、-3に示すように、上流側では端部桁が2連落橋す

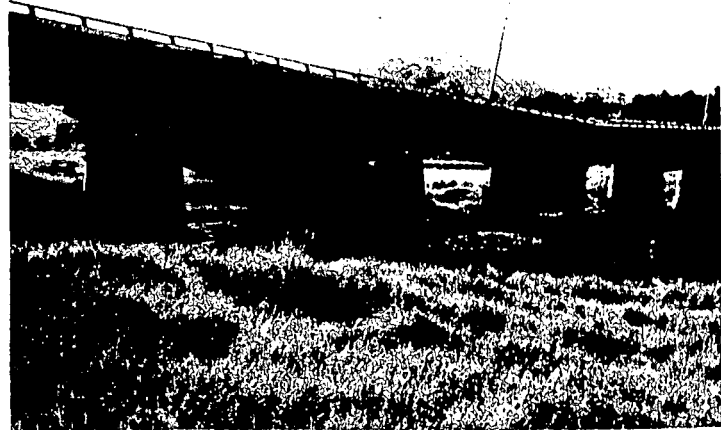


図-3 損傷状況写真



図-4 橋台部損傷状況写真

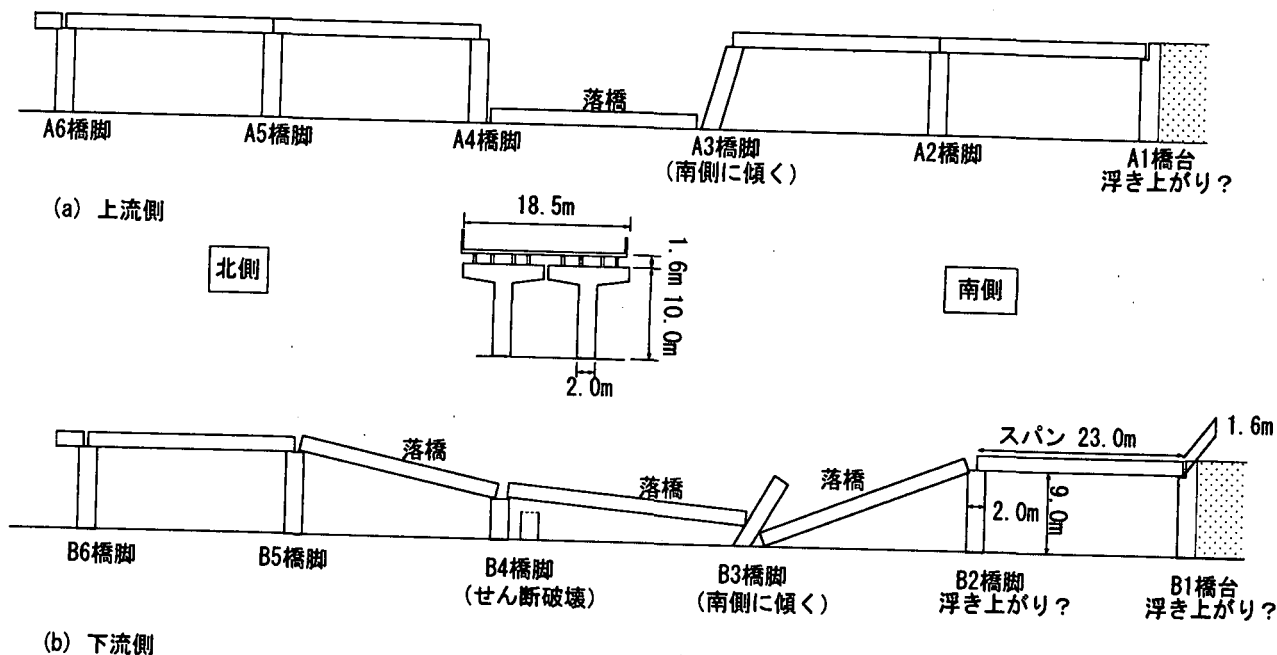


図-5 名竹大橋損傷状況

るとともに、橋台の端部舗装が50cm程度盛り上がっていた(図-4)。また、A3橋脚上では、桁端部に衝突と思われる損傷が見られるとともに、路面が70cm程度沈下しているように見えた。これは、桁が橋座から落ちて50cm程度沈下することを考慮しても少し大きく、橋脚の鉛直方向への移動も考えられる。

上流側の損傷メカニズムは以下と推定される。

- ①大きな水平力あるいは地盤変形により桁が橋軸北側方向に押し出される。
- ②端部桁が橋台と衝突し、舗装面が膨れ上がる。
- ③北側端部桁(A1~A2間)では、移動量が50cmに達し、桁かかり長を超えて、落橋に至る。
- ④同様にA2~A3間桁桁の移動が大きく落橋に至る。

次に下流側の損傷は、B2およびB3の壁式橋脚が橋軸直角方向に大きく損傷しており、ひび割れは貫通していた。また、B4橋脚では橋脚自体は大きな損傷は認められないものの、下流側に5~7°傾いており、路面では70cm程度の沈下が認められた。ついで、B5、B6橋脚には曲げタイプ水平ひび割れが橋脚中間部で認められた。この部分は、コンクリートの打ち継ぎ目である可能性がある。

下流側の損傷メカニズムは以下と推定される。

- ①橋軸直角方向の大きな地震力あるいは橋脚基部地盤の移動により、橋脚に曲げおよびせん断損傷が生じた。現地調査によると、B3、B4橋脚は1~2m橋軸直角方向に移動しているようにも見えるが、桁には橋軸直角方向の移動は認められない。このため、正確な橋脚移動量を設計図により確認する必要がある。
- ②シュミットハンマーテストではコンクリート強度は290kgf/cm<sup>2</sup>以上は確保されており壁式橋脚のため主鉄筋比が少ないようであったが、特に品質的な問



図-6 B3橋脚損傷状況写真

題は見いだせなかった。また、B3橋脚を例にとると、断面は6.0x1.5mの壁式であり、主鉄筋はD22が20cmピッチ、帯鉄筋はD13が30cmピッチで配筋されていた。せん断損傷角度は水平方向に対して約20°であった。主鉄筋がせん断面で破断しているものも認められたが、これは主鉄筋比が0.3%程度と非常に小さため、ひび割れが集中して発生することおよびせん断損傷によるずれが生じたためと考えられる。

## (2) 名竹大橋

主桁は4主桁で、1スパン長は約23mであった。現地調査の時点では、A3およびB3の2基の橋脚およびA2~A4、B2~B4の4つの桁がすでに撤去されており

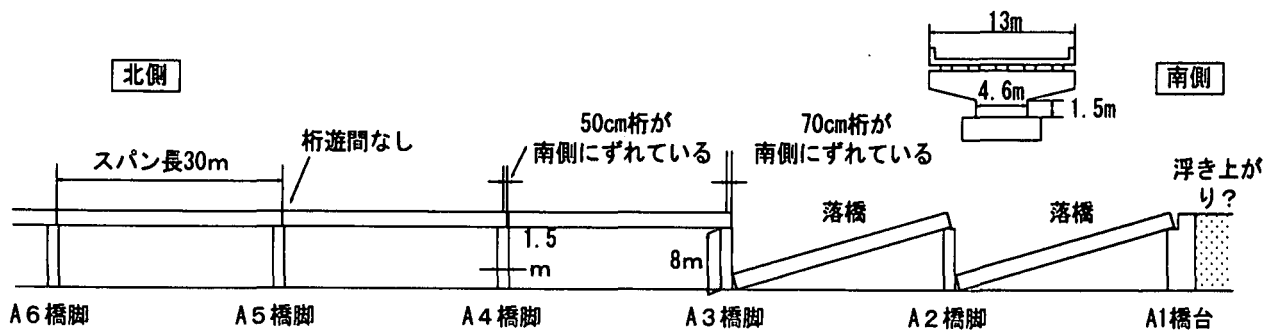


図-7 長庚大橋損傷状況

詳細調査は実施できなかった。この箇所については、現地で入手した写真を用いて推定する。図-5に示すように、上流側の損傷状況はA3橋脚が大きく南側に傾くとともに、A3～A4間桁が落橋している。これに対して、下流側の損傷状況は、B4橋脚がせん断損傷、B3橋脚が南側に大きく傾くとともに、B2～B5間桁が落橋に近い状態となっている。損傷状況から推定される上流側橋梁の損傷メカニズムは以下のようである。

①地震動に伴い、A3橋脚が大きく南側に傾きA3～A4間桁が落橋に至った。あるいは、A3～A4橋脚間で大きな水平方向の変位を生じ、桁間距離が広がり落橋に至った。

同様に損傷状況から推定される下流側の損傷メカニズムは以下のようである。

- ①図-6に示すように、B4橋脚が橋脚上部でせん断損傷することにより、B3～B4、B4～B5間桁が落橋した。損傷位置からは段落とし部損傷である可能性が考えられる。B2桁の落橋原因は損傷状況から見ると、B2-B3間桁の上に橋脚が覆い被さるように見えることから、桁が落ちたあとに、橋脚が傾いたと考えられる。このことからB2～B3橋脚で大きな水平変位を生じ、桁が落橋したあと、B4橋脚の損傷により落橋した桁の水平力がB3橋脚に作用し傾いたと考えられる。
- ②シュミットハンマーによる強度推定ではB4橋脚で260kgf/cm<sup>2</sup>程度であり、表面状態も健全であり品質的な問題は認められなかった。

### (3)長庚大橋

損傷状況は図-7に示すように、橋脚には特に損傷は見られないが、左岸側A1～A2、A2～A3間桁が落橋している。目測によると橋梁の幅員は13m、1スパン長が30mのPC5主桁であった(合計スパン長400m程度)。橋脚は桁かかり長が50cm程度しかない。損傷状況から推定される損傷メカニズムは以下のとおりである。

①右岸側より左岸側(北より南)に大きな水平力あ



図-8 長庚大橋損傷状況写真

るいは変形が生じた。

②これに伴い、右岸側桁が順次押し出され、桁同士が玉突き現象を生じた。

③桁移動量としては、A4橋脚で50cm、A3橋脚で70cmの移動量が観察された。また、桁間はいずれもほとんど遊間が認められなかった。このことから、大きな桁移動を生じた水平力(変形)は、北側から南側が卓越していたと推定される。

## 5. まとめ

今回の橋梁の被害の特徴としては、断層のずれによるものが多かったことが上げられる。しかしながら、概略調査結果によれば、地震力による橋脚の被害や、水平地震力による玉突き現象に伴う落橋と思われるものも確認された。今後は、設計図と比較することなどにより落橋メカニズムを詳細に検討する必要があると考えられる。

参考文献:

- (1)日経コンストラクション, 台湾中部大地震, pp. 78-95, 1999. 10. 12号.