

台湾地震における橋梁被害分析

九州工業大学 学生員 山下 由貴
 九州工業大学 正会員 幸左 賢二
 大日本コンサルタント(株) 正会員 田崎 賢治
 建設技術研究所 正会員 鈴木 直人

1. はじめに

1999年9月に発生した台湾集集地震により落橋した長庚橋について動的解析を行い損傷メカニズムの推定を行った。

2. 対象橋脚および被害状況

本橋はいずれも径間長 34.7(m)、幅員 13.1(m)、桁高 2.2(m)の5主桁PC構造である。図-1に一般構造図を示す。直径6(m)のケーソン基礎を有したRC単柱式橋脚で高さ5~8(m)、上部工重量 685(tf)、橋脚重量 189(tf)である。橋脚断面は 5.0(m)×2.0(m)であり、主鉄筋 D35 が 12.5(cm)ピッチで110本(主鉄筋比1.1%)、帯鉄筋はD16が30(cm)ピッチ(帯鉄筋比0.2%)で中間帯鉄筋は6本配筋されている。また設計コンクリート強度は 27(N/mm²)である。

図-2に本橋の被害状況を示す。本橋はいずれの橋脚も柱部では特に損傷は見られなかったが、D4~D6 桁に 30cm~70cmの橋軸方向のずれが見られD2、D3の2桁は落橋に至り、D1においては桁が橋台にめり込んでいた。以上の結果、地震力により桁の移動を生じ、桁同士の玉突き衝突により D2、D3 桁が落橋に至ったと推測される。

3. 損傷メカニズムに対する検討

(1) 解析モデル

解析手法にはフレームモデルによる動的解析を用いた。表-1に解析ケースを示す。解析パラメータは入力波形および支承モデルとした。CASE1、CASE2では設置されている支承が地震動によっても完全に固定されていると仮定した固定支承(1)を、CASE3、CASE4では支承が地震動により破壊し桁の滑りを起こすものとしてスリップタイプとした固定支承(2)を設定した。またCASE1、CASE3ではII種地盤として代表的な JR 鷹取駅記録(E-W)(最大加速度 654gal)を、CASE2、CASE4では実際に長庚橋の近くで観測された台湾地震波形(Tcu068EW)(最大加速度 502gal)の波形を用いた。解析モデルは図-3に示すような梁-マスモデルとし、柱部材はせん断破壊を起こさないと仮定した。柱部における曲げの非線形特性(M-φ)はH8道示に準じたモデルを

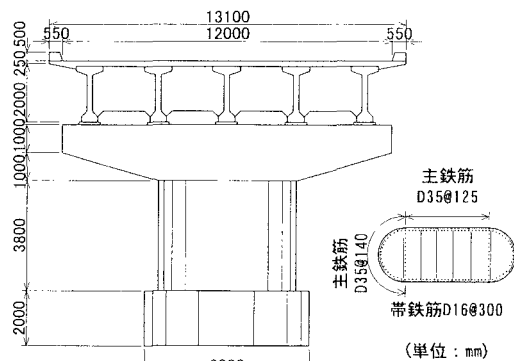


図-1 一般構造図(橋軸方向)および橋脚断面図

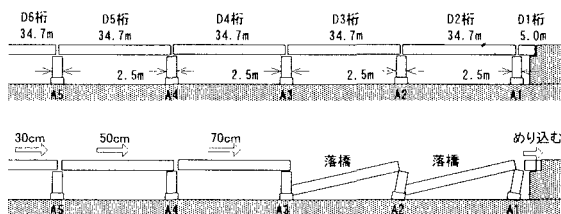


図-2 被害状況

表-1 解析ケース

	入力波形	支承
CASE1	JR鷹取駅(E-W)	固定支承(1)
CASE2	台湾波形Tcu068(E-W)	固定支承(1)
CASE3	JR鷹取駅(E-W)	固定支承(2)
CASE4	台湾波形Tcu068(E-W)	固定支承(2)

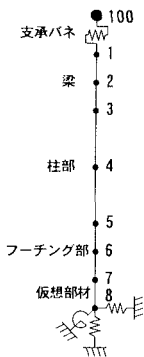


図-3 解析モデル

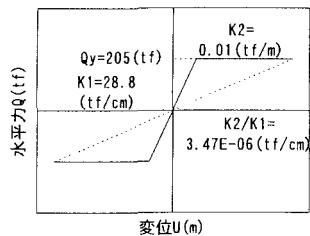


図-4 支承バネモデル

え、梁部・フーチング部は剛体とし、基礎部には仮想部材を設定し、水平・鉛直・回転バネを用いた。また固定支承(1)では支承部を剛体とみなし、CASE3、CASE4では非線形バネ特性を仮定した。図-4に固定支承(2)のバネモデルを示す。この支承は、本橋の設計震度が $K_{hc}=0.2$ であるので、材料特性を考慮し、降伏耐力としては0.3と仮定した。バネモデル($Q_y=0.3W_y=205(tf)$)は降伏耐力に達するまでは弾性的な挙動を示し、降伏耐力を越えた後は一定値で滑る特性を与えた。

(2) 解析結果

今回の地震被害状況に近いと考えられるCASE4についての検討を説明する。CASE4での橋脚天端の変位応答時刻歴図を図-5に、桁の変位応答時刻歴図を図-6に示す。橋脚天端では最大変位1.3cm、最小変位-1.1cmが生じ、桁は38.4cm、-42.0cmの変位となり桁にズレが生じている結果となっている。

次に、本橋脚の耐力について検討を行った。本橋脚の橋脚基部におけるM-φ曲線を図-7に示し、これに今回解析を行った各CASEの最大応答値をプロットした。固定支承(1)を設定し鷹取波形(E-W)を用いたCASE1では最大応答値が降伏点を超えているが、終局点に至るにはかなりの余裕があることがわかる。固定支承(1)で台湾波形を用いたCASE2においても同様に降伏点には至っているが終局には至っていない。このことから本橋は、鷹取波形のような大きな地震動でも橋脚の破壊には至らない変形性能に富んだ橋脚であったと考えられる。

図-8に各CASEの橋脚全体の最大変位の分布を示す。CASE3、CASE4では橋脚上部までの移動はCASE1、CASE2に比べて小さいものの、桁に大きな変位が見られた。CASE3、CASE4での桁の移動に着目すると桁は最大で61.0cm、38.4cmと桁かかり長60cmにほぼ対応した移動となっている。このことから長庚橋では支承が破壊され桁が滑り移動したと考えられる。

4. まとめ

長庚橋を対象とした解析結果を以下にまとめる。

- ① 支承を固定としたCASE1、CASE2の解析によると柱基部は降伏するものの終局には至らない結果となり、長庚橋は変形性能に富んだ橋脚であることが明らかとなった。
- ② 桁の移動をモデル化したCASE3、CASE4の解析結果では桁かかり長に対応した移動が認められ、支承の滑りによる桁の移動が確認できた。

参考文献 1)九州工業大学, 1999年9月21日台湾集集地震橋梁被害調査報告書, 2000. 4.

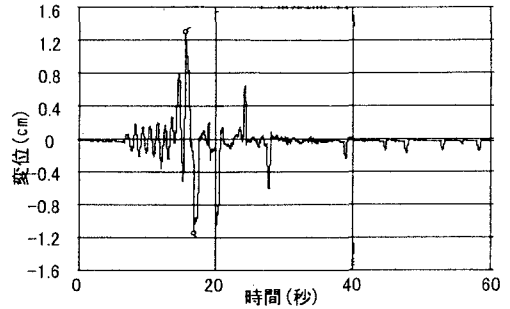


図-5 時刻歴応答変位図(橋脚天端)

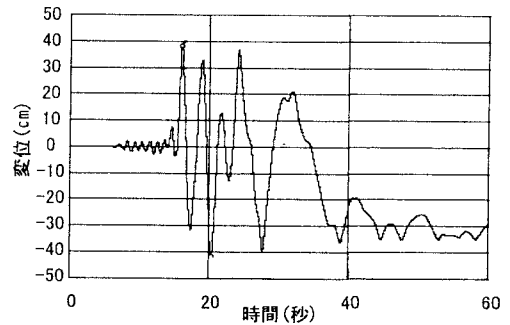


図-6 時刻歴応答変位図(桁)

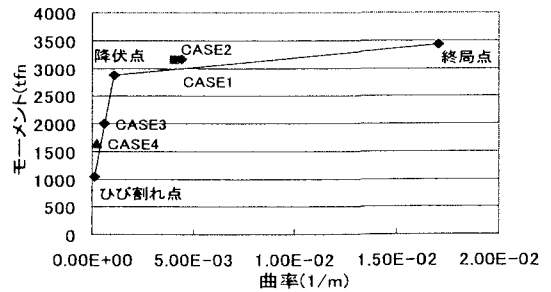


図-7 M-φ関係(橋脚基部)

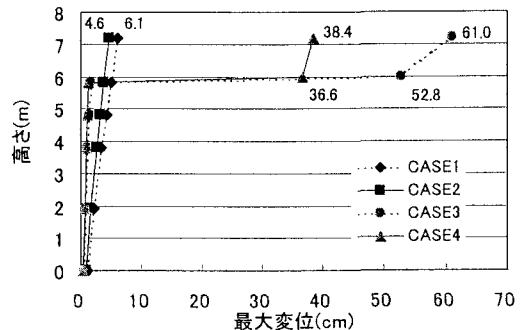


図-8 最大応答変位