

### 台湾集集地震における長庚橋の被害要因分析

○九州工業大学大学院 学生会員 手嶋康博 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21日、台湾において台湾中部を震源（震源深さ6.99km）とするM7.6の地震が発生した。台湾集集地震において被害を受けた橋脚の中で、長庚橋は断層が確認されていないにもかかわらず、桁が橋台にめり込み、桁2連が落橋に至る特徴的な被害を受けていた（図-1参照）。そこで現地での調査結果<sup>1)</sup>及び入手した竣工図をもとに、損傷メカニズムを解析的に推定した。

#### 2. 対象橋脚の構造諸元

入手した竣工図をもとに長庚橋の一般構造図を図-2に示す。基礎は直径が約6mのケーソン基礎であり、橋脚については橋脚高さ5~8mであり、重量1852kN、上部工重量6713kNのRC単柱構造である。橋脚断面は小判型の5.0m×2.0m、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、パラペットについては、13.0m×0.4m、主鉄筋φ13が20.0（cm）ピッチで2列配筋されている。

#### 3. 動的解析条件

解析フレームモデルを図-1に示す。柱部における曲げの非線形特性は、平成8年道路橋示方書に準じてひび割れを考慮したトリリニア型、パラペットには降伏曲げモーメントよりバイリニア型の曲げモーメント-曲率関係を与えた。梁部・フーチング部・桁部は剛体とし、基礎部には仮想部材を設定し、水平・鉛直・回転バネを設定した。ゴムパット支承、橋台背面土バネは非線形バネ特性を仮定して与えた。そのモデルは最大変形時の荷重PがP=0まで除荷された時の変位に到達するまでは抵抗を受けないスリップ型バイリニアモデルとした。橋台背面土の挙動に関しては、算出方法としてCaltransの実験式<sup>2)</sup>を用いることにした。各バネモデル及びバネ定数値を図-3に示す。さらに端部のD1桁が短かったこと

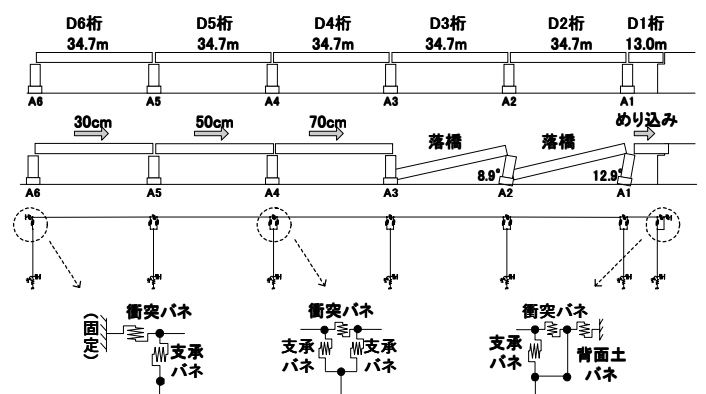


図-1 長庚橋損傷状況及び解析モデル

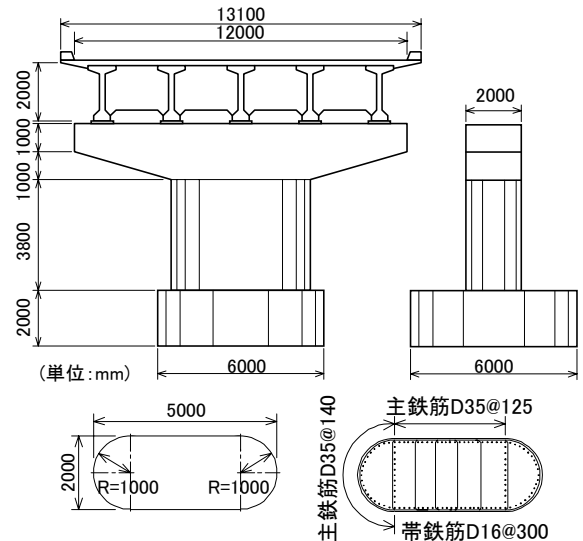


図-2 一般構造図

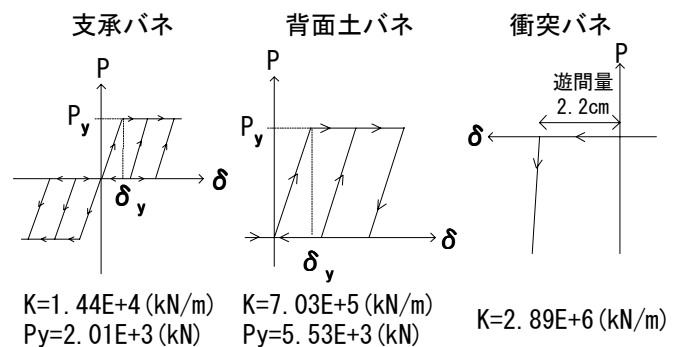


図-3 バネモデル図

キーワード：落橋、衝突解析、台湾地震、フレーム解析、動的解析

連絡先：九州工業大学 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL, FAX：093-884-3123

による影響を検討するために、D1 桁の形状を他の桁と同じにした場合についても検討した。

#### 4. 動的解析結果

図-4 に桁の最大変形時及び残留変位を示す。実際の損傷状況のような落橋に至るほどの水平変位は算出されず、また残留変位も小さな値となっている。しかしながら、桁の水平変位は最大変位・残留変位ともに橋台側にいくに連れて大きくなっており、実際の損傷状況と似た傾向を示している。さらに、支承バネ・背面土バネにはその耐力値を超える水平力が作用していることが確認され、桁が橋台にめり込む現象が起こることがわかった。

図-5 に背面土へめり込む D1 桁の時刻歴水平変位を示す。橋台へ桁がめり込む時は、D2 桁との玉突き衝突により D1 桁が押し出された時ではなく、D2 桁側に衝突することなく大きく変位した後に起こっている。このように桁同士の衝突はエネルギーを損失させることになり、背面土へのめり込みに与える影響は少ないと言える（図-6 参照）。

さらに、端部桁の形状の影響について検討すると、端部の桁を他の桁と同じ形状にした時の方が最大水平変位が小さくなっていることが図-4 よりわかる。これは桁同士の衝突の際、桁の断面積が小さいことによるエネルギーの損失が小さいこと、パラペットの背面抵抗面積が小さいことが原因と考えられる。

最後に、今回得られた解析結果は、用いたバネ定数等の解析条件によって異なってくることから、これらについて正確に評価する必要があると考えられる。

#### 5. まとめ

今回の動的解析手法を用いて得られた衝突解析結果を以下に示す。

- (1)実際の損傷状況ほどの水平変位は算出されなかったが、最大水平変位・残留変位が橋台側に進むに連れて大きくなり、桁が橋台にめり込む現象を解析的に再現することができた。
- (2)桁同士の衝突はエネルギーを損失させることになり、玉突き衝突よりも桁が衝突することなく大きく揺れ、橋台へ衝突する時の方が桁が背面土へめり込むと考えられる。
- (3)端部桁が小さいことにより桁の橋台へのめり込み量が大きくなることがわかった。

#### 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.  
 2)Caltrans：Section 8 Seismic Analysis of Bridge Structure, Bridge Design Practice October, 1995.  
 3)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，IV下部構造編，1996. 12.  
 4)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V耐震設計編，1996. 12.

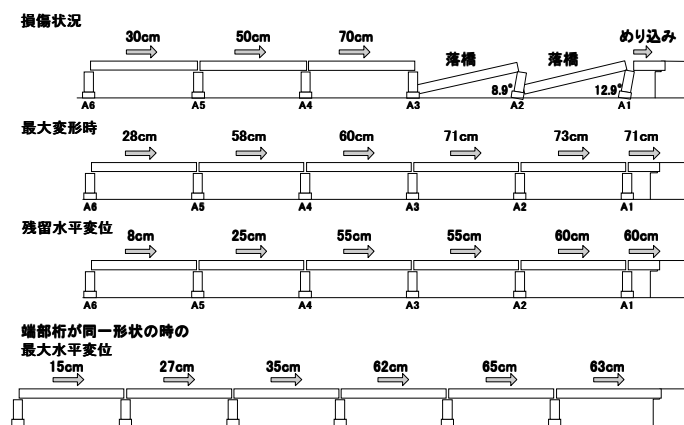


図-4 最大変形時及び残留水平変位

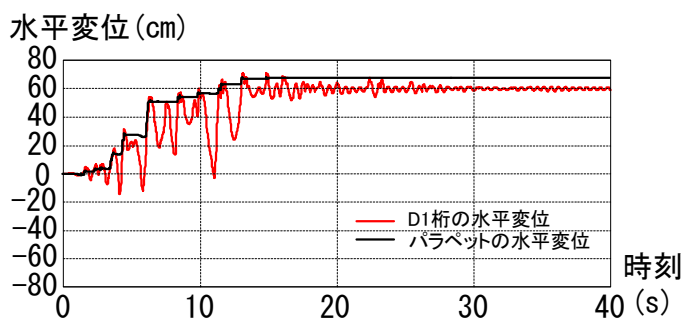


図-5 D1 桁の時刻歴水平変位

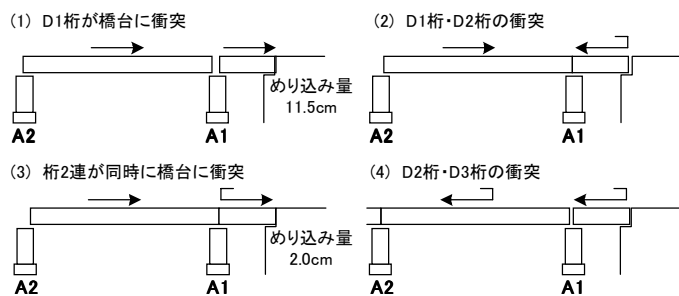


図-6 D1 桁が最もめり込む時の桁の挙動