

桁と橋台の衝突を考慮した高架橋の大地震時応答性状に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川俊郎
 ヒューマン・タッチ（株） 正員 広岡崇史
 北海道大学大学院工学研究科 学生員 ダニエル・ルス

1. まえがき

現在、桁の落橋を防止するために緩衝材等を用いた研究が行われ、桁の衝突作用により応答変位を低減させる効果が期待されている¹⁾。しかし、上部構造の振動を抑制できるが衝突により各構造要素に悪影響を及ぼすことが考えられ、その特性を把握することが重要である。また高架橋における大地震動に対して高架橋全体系としての機能を保つためには、落橋防止構造、ストッパーあるいは緩衝材など、落橋防止システムを適用してその耐震性能を高めることが重要である。そこで本研究においては、桁や橋台の衝突が考慮できる解析モデルを構築し、落橋防止システムが高架橋の動的挙動に与える影響を検討する。

2. 解析方法

本研究において採用した非線形動的応答解析方法は、材料非線形と幾何学的非線形を考慮したはり柱要素の有限要素法と、Newmark 法 ($\beta = 0.25$) および修正 Newton-Raphson 法を併用した平面骨組構造のための弾塑性有限変位動的応答解析を用いた。構造減衰については Rayleigh 減衰を仮定し減衰定数は 2% とした。入力地震動は 種地盤標準波を用い解析モデルの橋軸方向に作用させた。

3. 解析モデル

解析に用いた高架橋モデルは、桁と橋台の衝突を考慮できる 2 径間高架橋を採用した(図-1)。上部構造は桁長 40m の合成桁で、総重量は 5.88MN である。橋脚は高さ 20m の鋼製橋脚を対象とした。支承は鋼製支承を採用し、橋台 A1 に固定支承、P1 橋脚には固定・可動支承の双方を、橋台 A2 に可動支承を設置した。落橋防止システムは、落橋防止構造、変位制限構造および緩衝材を使用した。落橋防止構造には現在数多く使用されている PC ケーブルを採用した。変位制限構造は可動支承にストッパーを配置し、遊間を 10cm 設けた。緩衝材においては、熱可塑性ポリエステルエラストマーを原材料としたハニカム型緩衝材²⁾を採用し、P1 橋脚上部の桁端部および橋台 A2 端部に設置する。なお、落橋防止システムと桁の衝突を非線形ばねでモデル化を行った(図-2)。落橋防止構造と変位制限構造を採用した場合を Type1、変位制限構造と緩衝材を採用した場合を Type2 として比較検討を行う。

4. 解析モデル

図-3 は Type1 における PC ケーブルと桁衝突に作用する水平力、Type2 における桁端部に設置した緩衝材の水平力と変位の関係と時刻歴応答である。Type1 において PC ケーブルに作用する最大水平力は 3.9MN で

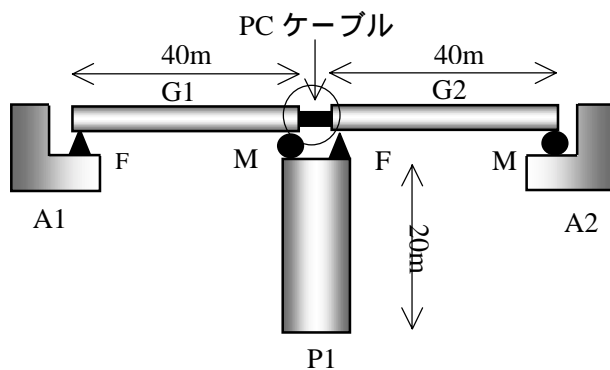
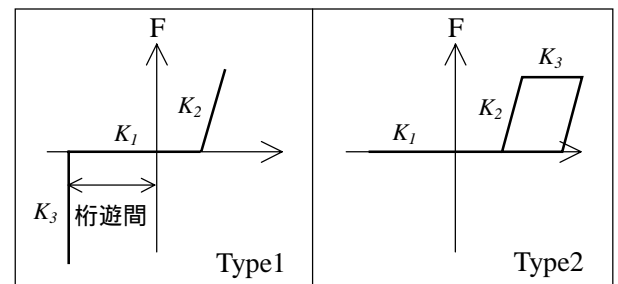


図-1 2径間高架橋



(a) PC ケーブルと桁間衝突

(b) 緩衝材

図-2 落橋防止システムの解析モデル

キーワード 落橋防止システム、緩衝材、PC ケーブル、衝突、非線形動的応答解析、

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究科 TEL 011-706-6170

あった。桁の衝突は3回観測され、最大で8.3MNと大きな衝撃力が発生した。図-4は上部構造の右側の桁G2における時刻歴応答変位である。落橋防止システムを設置していない場合における最大応答変位は22cmであった。一方で落橋防止システムを設置した両Typeは、変位制限構造および橋台の衝突により応答変位が抑制されることが確認できる。また図-5において、支承、変位制限構造、および橋台に作用する水平力の応答に着目すると、Type1では橋台A1に設置した固定支承には12.8MNと著しく大きな水平力が作用した。桁の衝突が発生した地点において大きな水平力が観測されたことから、桁の衝撃力が固定支承に伝達した結果となった。一方Type2においては、緩衝材の影響や桁間の衝突が発生しないことから、橋台A1に作用する固定支承は5.1MNと小さな応答となった。また橋台A2に作用する変位制限構造および橋台の衝突に作用する水平力においても、緩衝材を用いたType2の方が若干ながら小さい応答を示していることが確認できる。

5. あとがき

緩衝材を設置した場合には、固定支承、変位制限構造、および橋台の衝突により発生する水平力を低減できる効果が確認できたことから、各構造要素の損傷を軽減するうえで重要な耐震装置であることがわかった。

次に桁の衝突現象が高架橋に及ぼす影響に着目すると、桁の衝突効果により上部構造の応答が抑制されることがわかった。しかしその衝撃力は上部構造重量の2倍以上にも上る大きなものであったために、桁端の損傷が懸念され結果となった。また衝撃力が支承にも伝達したことから、桁および橋台の衝突はできるだけ回避した設計が望ましいものと考えられる。そのためには桁遊間を十分に設置したり、けたかかり長を余分に確保したりといった設計が重要であると考えられる。

今後の課題として、上部構造の応答量が大きい場合には落橋防止システムを有効に利用しその応答を抑制する手段が考えられる。その場合、構造要素に局所的に地震エネルギーが作用することは回避し、上部構造の慣性力をバランスよく支承や橋脚基部に伝達することが重要である。落橋防止システムが破損しないような性能を規定するとともに、緩衝材などを設置することでその衝撃力を緩和させるなどの対策を講じ、落橋防止構造や変位制限構造を適切に配置し地震時の慣性力を分散させるような設計も可能と思われる。

今後の課題として、上部構造の応答量が大きい場合には落橋防止システムを有効に利用しその応答を抑制する手段が考えられる。その場合、構造要素に局所的に地震エネルギーが作用することは回避し、上部構造の慣性力をバランスよく支承や橋脚基部に伝達することが重要である。落橋防止システムが破損しないような性能を規定するとともに、緩衝材などを設置することでその衝撃力を緩和させるなどの対策を講じ、落橋防止構造や変位制限構造を適切に配置し地震時の慣性力を分散させるような設計も可能と思われる。

参考文献 1) 佐藤雅士ら：桁と橋台の衝突を考慮した橋梁の地震時挙動に関する解析的検討、第26回地震工学研究発表会講演論文集、pp1161-1164、2001.8、2) 野島昭二ら：緩衝材を併用した落橋防止システムの検討、土木学会第53回年次学術講演会、pp318-319、1998.10。

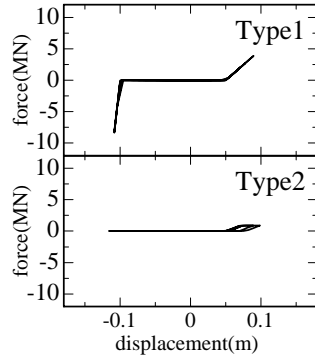


図-3 桁間のPCケーブル・緩衝材のF-関係と水平力の時刻歴応答

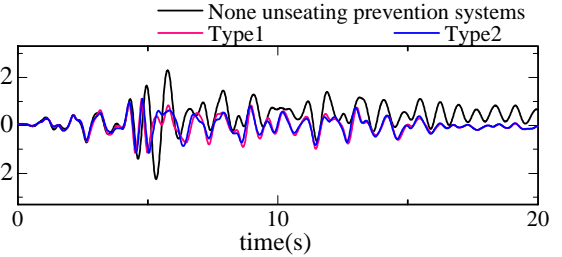
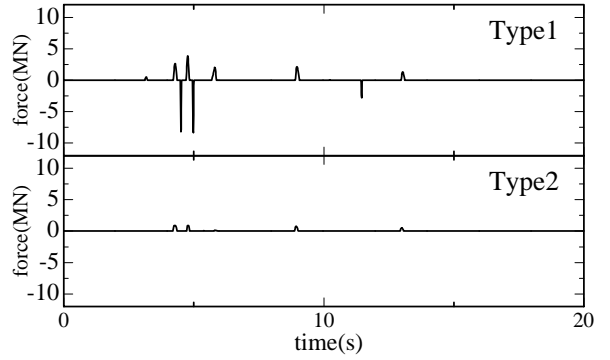


図-4 上部構造桁G2の時刻歴応答変位

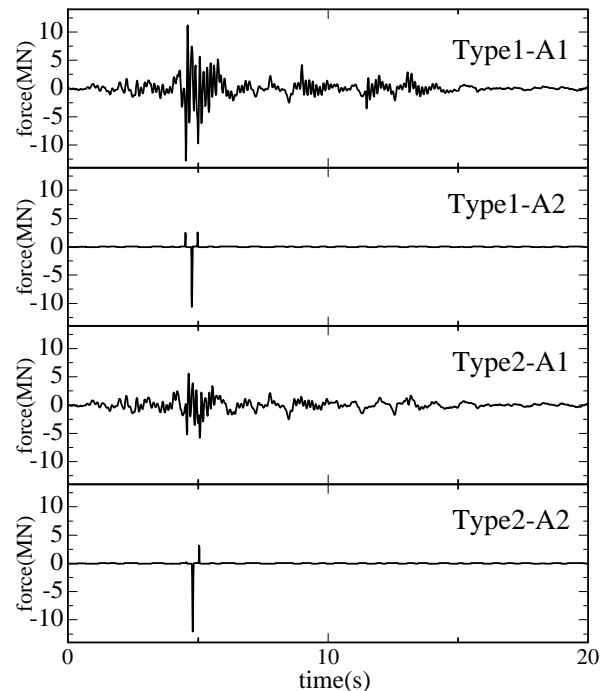


図-5 支承・変位制限構造・橋台衝突の水平力の時刻歴応答