

2 径間連続橋の PC ケーブル式落橋防止装置への衝突速度に関する検討

大阪市立大学大学院 学生員 岡田 洋輔
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄
 大阪工業大学 フェロー 園田 恵一郎
 大阪市立大学大学院 正会員 小林 治俊

1. はじめに

橋梁には落橋防止装置の設置が義務づけられ、その設計荷重は上部工が桁かかり長から逸脱しても支えることができるように端支点の死荷重反力の 1.5 倍とされた。しかし、桁かかり長から逸脱する前に落橋防止装置が機能する場合の方が多いはずである。両端を橋台で支持された橋梁の場合は、特にその傾向は顕著となるはずである。つまり、上部工が桁かかりから逸脱した場合のみならず、落橋防止装置に上部工がある速度で水平方向に滑動している状態で衝突することを検討する必要がある。橋梁は様々なパラメータがありそれぞれの特長を考慮した衝突速度および作用荷重を決定することは容易でない。そこで、本研究は、まず 2 径間の橋梁を対象にして落橋防止装置への上部工衝突速度と衝撃力を簡易解析により求め、落橋防止装置への衝撃荷重に対する検討を行った。

2. 解析概要

解析に用いた橋梁モデルは 種地盤上の 2 径間連続橋を対象とし、上部工重量を 4 パターン、橋脚高を 4 パターン計 16 種類のモデル橋を用いている。解析に用いた地震加速度波形は 種地盤のタイプ の標準波形 3 波を用いている。モデル化において橋脚と上部工の 2 質点系とし、支承および橋脚躯体の水平バネのみの 2 自由度とした(図-1 参照)。また、復元力特性は支承バネについては水平力分散支承を用いていることから弾性とし、橋脚は完全弾塑性のバイリニア型とした。ただし、落橋防止装置への衝突速度を算定することを目的としていることから上記復元力特性で、落橋防止装置への衝突という結果を得られない場合は橋脚の復元力特性を弾性にして解析を行っている。また、落橋防止装置は支承の破断後に機能することから本解析時の仮定として支承の破断後においては下部工天端と上部工において摩擦のみが作用するものとした。その上で、上部工に関する支承破断時の運動エネルギーと摩擦を考慮した仕事量の関係から(1)式より衝突速度の算定を行った。また、落橋防止に作用する衝撃荷重は上部工衝突時の運動エネルギーがケーブルのひずみエネルギーに変換される事として(2)式により算定を行った。

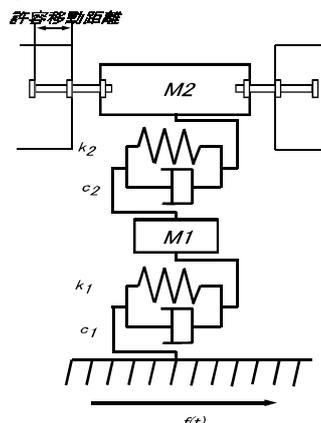


図-1 2自由度系解析モデル

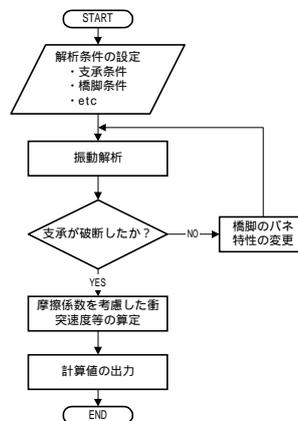


図-2 解析の流れ

$$v_a = \sqrt{v_0^2 - 2 \cdot \mu_s \cdot g \cdot \Delta a'} \quad (1)$$

$$P_a = v_a \sqrt{M_2 \cdot K_a} \quad (2)$$

v_0 : 上部工の衝突速度, v_0 : 上部工の支承破断時速度,
 $\Delta a'$: 上部工の支承破断時の可能移動距離, μ_s : 上部工と下部工天端との摩擦係数,
 M_2 : 上部工の重量, K_a : 落橋防止装置の剛性

なお、図-2 に本解析の流れを示し、表-1 に本解析に用いた橋梁モデルのデータを示す。

表-1 橋梁モデルデータ

項目	単位	パターン1				パターン2				パターン3				パターン4			
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
上部工重量	kN	10000															
橋台死荷重反力	kN	2500															
橋脚高(柱高)	m	5, 10, 15, 20															
支承バネ	kN/cm	360				491				797				950			
支承破断変位	cm	28.0				34.0				30.0				34.0			
下部バネ1次剛性	kN/cm	2763	775	510	389	3496	1388	862	759	5147	1443	922	703	6413	2093	1309	982
落橋防止許容変位	cm	30.0															

キーワード：落橋防止装置，衝突速度，衝撃荷重，地震応答

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学 工学部 土木工学科 TEL&FAX 06-6605-2723

3. 解析結果

図-3,4 には横軸に橋脚高さ，上部工重量をそれぞれとり，支承破断後の上部工と下部工の摩擦係数を 0 とした場合の落橋防止装置への衝突速度の結果を示している。橋脚高さ 5m では全てのパターンで，支承の破断が生じない，または橋脚が支承より先に壊れる結果となったため，橋脚を弾性モデルとした解析を行っている。解析により得られた衝突速度は 0~95kine と広範囲な衝突速度を示しているが，ほとんどは 60kine 以下となった。橋脚が高くなるに従い，その衝突速度も大きくなっている傾向が見られ，上部工重量に対しては軽い方が衝突速度が大きくなる傾向が見られる。最大で 95.1kine となっている。

図-5,6 では落橋防止装置に生じる衝撃力の大きさを、それぞれ，上部工重量および設計荷重に対する倍率で示している。上部工重量に対しては橋脚高 20m の場合を除いて上部工重量以下の衝撃力となっている。設計荷重に対してはどのケースにおいても設計荷重を上回る結果となった。これは、本モデルに対しては約 30kine の衝突速度が生じると設計荷重相当の衝撃力が発生することになるのに対し，図-4 に示すように上部工重量の大きさに関わらず最大値がすべて 50kine 以上となっていることから分かる。最大で約 3.3 倍となっている。

4. まとめ

本研究では橋脚高さ，上部工重量の異なる橋梁をモデルに簡易解析により落橋防止装置への上部工衝突速度と衝撃力の算定を行い落橋防止装置への衝撃力の検討を行った。その結果，落橋防止装置への衝突速度は橋脚高が高くなるほど衝突速度が大きくなる傾向が見られ，かつ上部工重量が軽くなるほど衝突速度が大きくなる傾向が見られた。摩擦係数が 0 つまり，上部工の運動エネルギー損失が無い場合の結果を示したが，ほとんどの橋梁において許容支承変位と落橋防止装置の移動可能量は数 cm の差ではないことを考えれば本研究で示した衝突速度が実際にも起こり得る可能性がある。つまり，橋梁によっては最大で 100kine 程度の速度で衝突する可能性もあると考えられる。本解析条件では，衝突が起こる場合，衝撃力はほとんどの橋梁モデルで設計荷重を上回り，実際に落橋防止装置が機能する場合は設計荷重以上の衝撃力が作用することが予想される。今後は，緩衝材のエネルギー吸収，橋台のモデル化等を考慮した検討を行う必要がある。

本研究は，日本建設コンサルタント(株)大阪支社に協力を戴いてできたものであり，ここに記して感謝の意を表するものである。

参考文献

- 1) 伊津野ら：地震時の橋梁における隣接部材の衝突速度に関する考察，第 3 回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.209-214，1999，12
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，丸善，1996.12

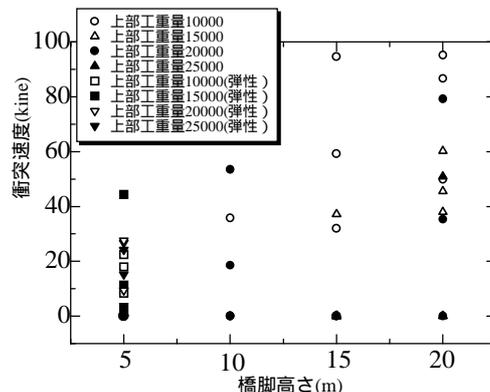


図-3 橋脚高に対する衝突速度

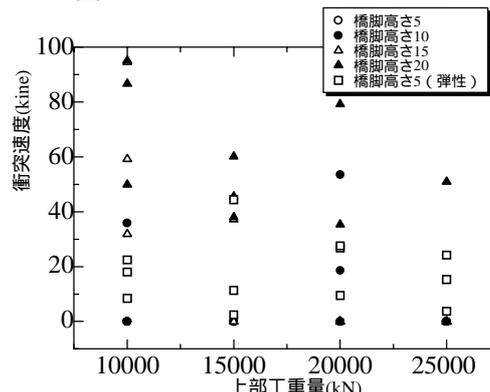


図-4 上部工重量に対する衝突速度

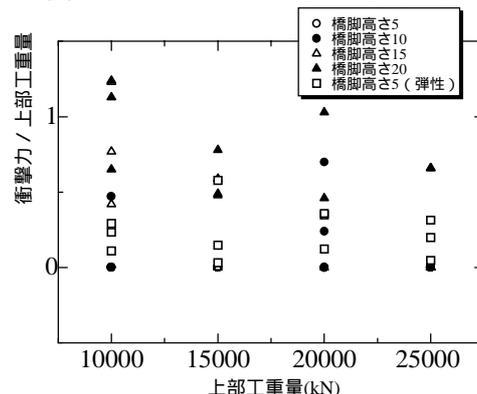


図-5 上部工重量に対する衝撃力倍率

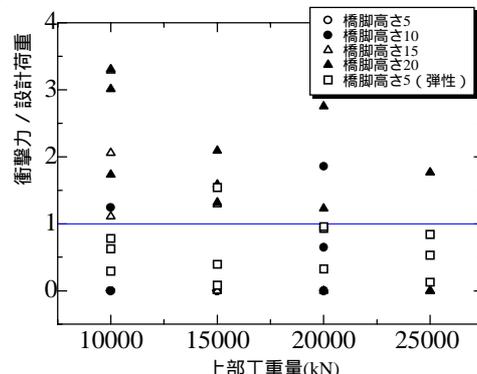


図-6 設計荷重に対する衝撃力倍率