

大阪市立大学工学部 学生員 ○岡田 洋輔

大阪市立大学工学部 正会員 角掛 久雄

大阪市立大学工学部 フェロー 園田恵一郎

大阪市立大学工学部 正会員 小林 治俊

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、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くははずである。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。

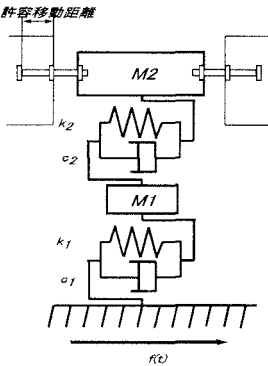
2. 解析概要

本研究で用いた橋梁モデルは「道路橋示方書 平成 8 年 12 月」において設計された直接基礎の 2 径間連続橋を対象とした。そのため、解析に用いた地震加速度波形は道路橋示方書に示されている I 種地盤のタイプ I、II の標準波形 6 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。

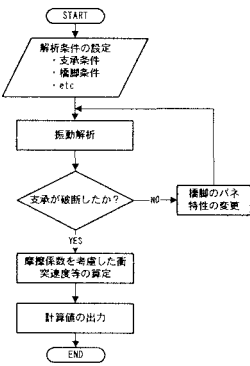
$$v_a = \sqrt{v_0^2 - 2 \cdot \mu_s \cdot g \cdot \Delta a'} \tag{1}$$
$$P_a = v_a \sqrt{M_2 \cdot K_a} \tag{2}$$

v_a : 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 3 種類の橋梁のデータを示す。



図－1 2 自由度系解析モデル



図－2 解析の流れ

表－1 橋梁モデルデータ

	A橋	B橋	C橋
橋梁形式	鋼2径間連続 非合成鈑桁	鋼2径間連続 非合成鈑桁	PC2径間連続 コンボ桁
橋長	79m	75m	60m
下部工高	7.8m	19.0m	5.5m
上部工重量	12160kN	7740kN	25590kN
支承バネ	1344kN/cm	458kN/cm	906kN/cm
支承減衰定数	0.02	0.02	0.02
下部工重量	4508kN	7297kN	7016kN
下部工バネ (一次剛性)	1280kN/cm	648kN/cm	70919kN/cm
下部工減衰定数	0.05	0.05	0.05
落橋防止形式	PCケーブルルタ イブ	PCケーブルルタ イブ	PCケーブルルタ イブ

3. 解析結果

図-3 (a),(b)それぞれに摩擦係数 $\mu=0.0, 0.3$ とした場合に得られる落橋防止への衝突速度の解析結果を示す。A橋の場合はバイリニア型復元力特性を用いた場合は波形 1-1-1 の場合のみ支承の破断が生じるという結果となるため、橋脚を弾性モデルとした場合でも解析を行っている。B橋、C橋の場合はバイリニア型でもすべての波形において支承の破断が生じる結果となった。解析により得られた衝突速度は摩擦係数 $\mu=0.0$ の場合、約 8~144kine と非常に広範囲な速度を示している。 $\mu=0.3$ の場合はほとんど波形において衝突が生じない結果となり、A橋では1パターンのみとなり、B、C橋では2パターンのみとなった。ただし、衝突が生じる場合は $\mu=0.0$ と比べて衝突速度は大きく減少することはなくすべての橋梁で50kine以上での衝突が生じる可能性を示しており、最大で約 139kine の衝突速度が生じる結果となった。

図-4、5に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、設計荷重に対する倍率で示した。上部工重量に対しては最大で約 2.2 倍の衝撃力が発生しており、B、C橋においては上部工重量以上となる衝撃力が発生している結果となった。また、設計荷重に対しては衝突が生じる場合にはすべての橋梁で衝撃力が設計荷重以上となる結果が得られており、最大で約 7.7 倍もの大きさを示している橋梁もある。

4. まとめ

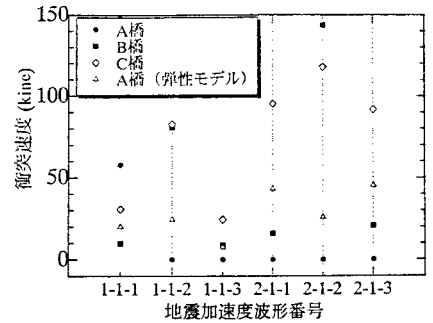
本研究では実設計された橋梁をモデルに簡易解析モデルにより落橋防止装置への上部工衝突速度と衝撃力の算定を行い落橋防止装置への衝撃力の検討を行った。その結果、落橋防止装置への衝突速度はほとんどの場合 30kine 以下となるが、地震波によっては50kine以上で衝突が生じる可能性があることがわかった。また、落橋防止装置に生じる衝撃力は70kine以上で衝突した場合は上部工重量以上の荷重が作用する可能性があり、橋梁の構造によっては20kine程度でも設計荷重相当の荷重が作用する事になり、実際に落橋防止装置が機能する場合は設計荷重以上の衝撃力が作用することが予想される。

今後課題としては、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。

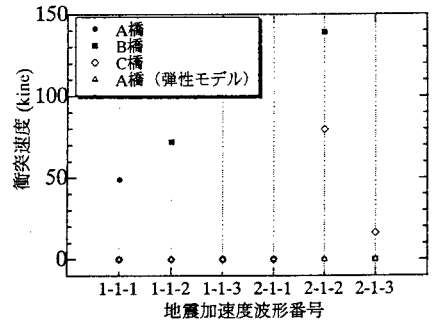
本研究は、日本建設コンサルタント(株)大阪支社に協力を戴いてできたものであり、ここに記して感謝の意を表するものである。

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 V耐震設計編，丸善，1996. 12



(a) 摩擦係数 $\mu=0.0$



(b) 摩擦係数 $\mu=0.3$

図-3 落橋防止装置への衝突速度

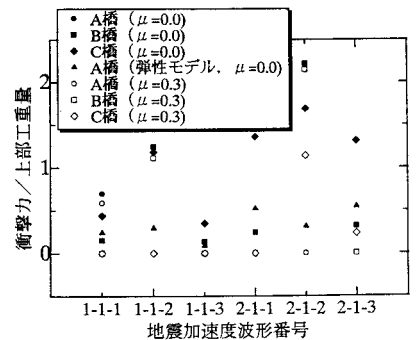


図-4 上部工重量に対する衝撃力倍率

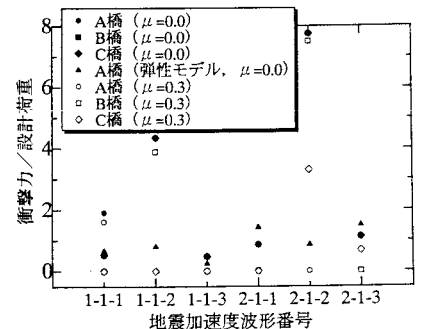


図-5 設計荷重に対する衝撃力倍率