

I-20 免震橋の桁間ならびに桁－橋台間の衝突に及ぼす緩衝材及びケーブルの影響

徳島大学大学院 学生員 ○原田 陽平 徳島大学工学部 正 員 成行 義文
 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔 神戸大学大学院 山本 聡

1. はじめに 免震橋等のゴム支承を有する橋梁では、系の長周期化に起因して桁の応答変位が一般に大きくなる。それに伴い、桁同士及び桁と橋台との衝突が発生することが指摘されている。桁間あるいは桁－橋台間に発生する衝突力は、時に桁重量の数倍になることもあり、それが橋梁各部に及ぼす影響は比較的大きいと考えられる。衝突による衝撃力を低減する手段として、一般に桁間あるいは桁－橋台間に緩衝材ならびにケーブル等の設置が行われている。しかし、これらが前述の衝突現象に及ぼす影響については、未だ明らかにされていない。以上のようなことより、本研究では、緩衝材ならびにケーブル等が桁衝突時の桁間変位、衝突回数ならびに最大衝突力等に及ぼす影響について、数値計算結果を基に比較検討し、若干の考察を行った。

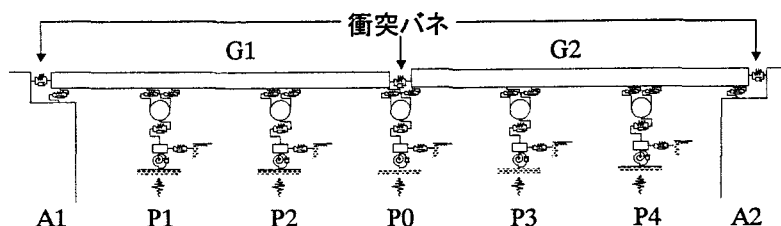


図1 解析モデル

2. 解析方法

(1)解析モデル 本研究では2連の3径間連続PC合成桁橋を対象とし、図1のようにモデル化して解析を行った。表1に構造諸元を示す。桁の衝突は、A1橋台上、P0橋脚上ならびにA2橋台上での3ヶ所で生じる。左右の周期を不同とし衝突現象を起こりやすくする為に、G2桁の質量をG1桁の質量の0.5倍とした。また、桁遊間及び桁－橋台間の遊間を10cmとし、緩衝材は縦、横40cm、厚さ5cmで硬度60のゴム製緩衝材を想定した。ケーブルの諸元は表-2のようである。

表1 構造諸元

部材	剛性(kgf/cm)	降伏変位(cm)	弾塑性剛性比	減衰定数	質量(kgf・sec ² /cm)	質点高さ(cm)
免震支承(連続部)	0.3034・10 ⁵	1.15	0.1538	0.02		
免震支承(掛け違い部、橋台用)	0.3082・10 ⁵	1.15	0.1538	0.02	上部構造	0.3681・10 ³
橋脚	0.8800・10 ⁶	0.07914	0.1	0.05	橋脚	0.2025・10 ³
基礎水平ばね	0.1410・10 ⁷	0.1087		0.10	基礎	0.4686・10 ³
基礎回転ばね	0.2260・10 ¹² (kgf・cm/rad)	0.003406 (rad)		0.10	基礎の回転慣性 (kgf・cm ² /sec ²)	

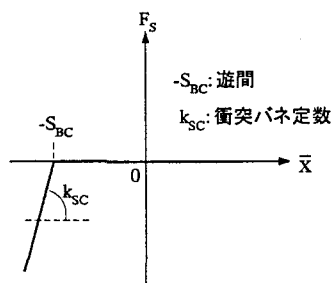


図2 衝突バネモデル

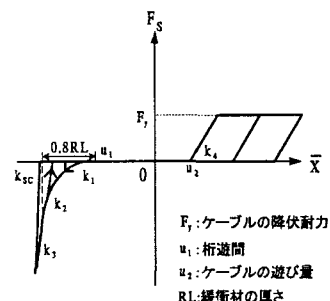


図3 緩衝材とケーブルのモデル

(2)衝突バネの復元力履歴モデル¹⁾ 図2は緩衝材及びケーブルが無い場合の衝突バネの復元力履歴モデル¹⁾を示したものである。図中、 F_s は衝突力、 $\bar{x}$ は初期静止時からの桁間あるいは桁－橋台間距離増分を表している($\bar{x} > 0$: separate 側, $\bar{x} < 0$: contact 側)。図3は、図2のモデルに緩衝材及びケーブルの特性を加味したモデル¹⁾である。

表2 ケーブルの特性値

ケーブルの降伏応力	3.06・10 ³ kgf/cm ²
ケーブルのヤング率	2.04・10 ⁸ kgf/cm ²
ケーブルの長さ	2.0 m
ケーブルの剛性	2.04・10 ⁵ kgf/cm ²
ケーブルの降伏耐力	1.65・10 ⁵ kgf
ケーブルの遊び	10cm

(3)解析法及び入力地震動 入力地震動としては道路橋示方書²⁾に定められている標準加速度応答スペクトルを目標として作成したタイプⅠ地震動Ⅰ種地盤とタイプⅡ地震動Ⅰ種地盤の2波を用いた。また地震応答解析にはNewmarkの β 法を用いた。

3. 解析結果

(1)時刻歴応答波形(桁－橋台間相対変位、衝突力) A1橋台上での桁－橋台間相対変位と衝突力を図4、図5に示す。図4はタイプⅠ地震動に対する結果、また図5はタイプⅡ地震動に対する結果である。また各図中の各Caseは図中に示すように、緩衝材あるいはケーブルの有無をそれぞれ示している。図4より、それぞれのCaseとも大きな衝突が3回起こっており、Case3、Case4の両方で桁間が拡大する方向の最大応答変位が抑えられていることが分かる。またどのCaseとも38(s)付近での衝突の後に桁間が拡大する方向の最大

応答変位が発生している。次にタイプⅡ地震動に対する図5からは、Case3で桁間が拡大する方向の最大応答変位が抑えられているが、Case4では桁間が拡大する方向の最大応答変位は逆に大きくなっていることが分かる。Case1とCase3では4回の衝突が起こっているのに対しCase2とCase4では5回の衝突が起こっている。これは緩衝材の存在により遊間が狭くなり、そのために衝突回数が増えたものと思われる。

(2)最大衝突力(P_{MAX}) A1橋台上、P0橋脚上、A2橋台上での各Caseにおけるの最大衝突力をプロットしたものを図6に示す。まずタイプⅠ地震動の場合(図6左)は、A1橋台、P0橋脚上での衝突では緩衝材の設置(Case2, Case4)により最大衝突力が低減されている。A2橋台での衝突現象については緩衝材がない場合(Case1, Case3)は衝突が起こっていないのに対し、設置した場合(Case2, Case4)ではわずかではあるが衝突が起こっている。これは緩衝材の存在により遊間が狭くなり、そのために小刻みに衝突が起こったためと考えられる。またタイプⅠ地震動の場合は、ケーブルが最大衝突力に及ぼす影響は極めて小さいと言える。次にタイプⅡ地震動の場合(図6右)は、どの場合も緩衝材を設置することでより大きな最大衝突力が発生していることが分かる。P0橋脚、A2橋台での衝突現象についてはケーブルのみ設置(Case3)した場合に、最も最大衝突力が低減されていることが分かる(Case2, Case4)。

4. おわりに 2連の3径間連続桁橋を簡単なせん断型質点系にモデル化し、タイプⅠあるいはタイプⅡの模擬地震動を入力した地震応答解析結果をもとに、桁の相対変位ならびに最大衝突力等に及ぼす緩衝材ならびにケーブルの影響について比較検討した結果、ケーブルのみの設置により桁間が拡大する方向(separate側)の最大応答変位が抑えられること、緩衝材を設置することにより衝突力をある程度抑えられるケースもあるが、桁遊間が狭くなりそれにより桁の変位が制限されることで最大衝突力が大きくなったり、緩衝材を設置しない場合には衝突が生じることのなかった部分に衝突が生じる可能性があること、また、ケーブルの働きにより衝突のタイミングがずれて衝突力が低減される場合もあるが、逆に増大される場合もあること、等が明らかになった。

5. 参考文献 1) 土木学会関西支部：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，2001.7 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅴ耐震設計編，丸善，1996.12。

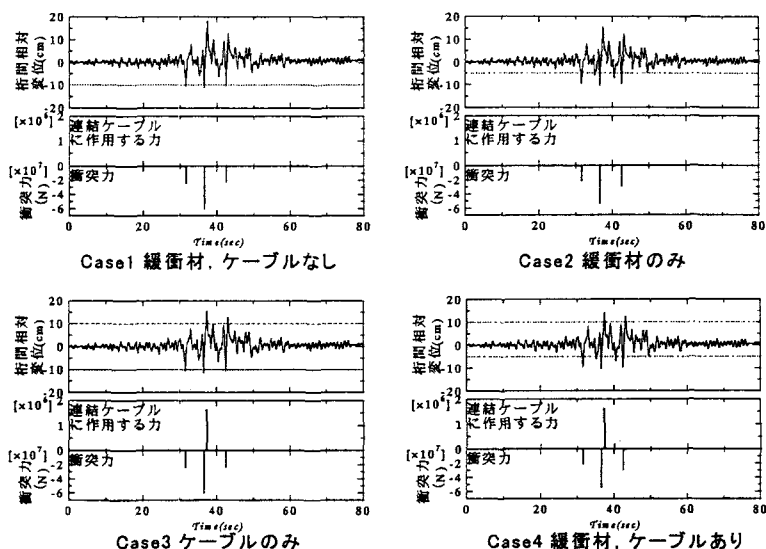


図4 時刻歴応答波形(タイプⅠ, A1橋台上)

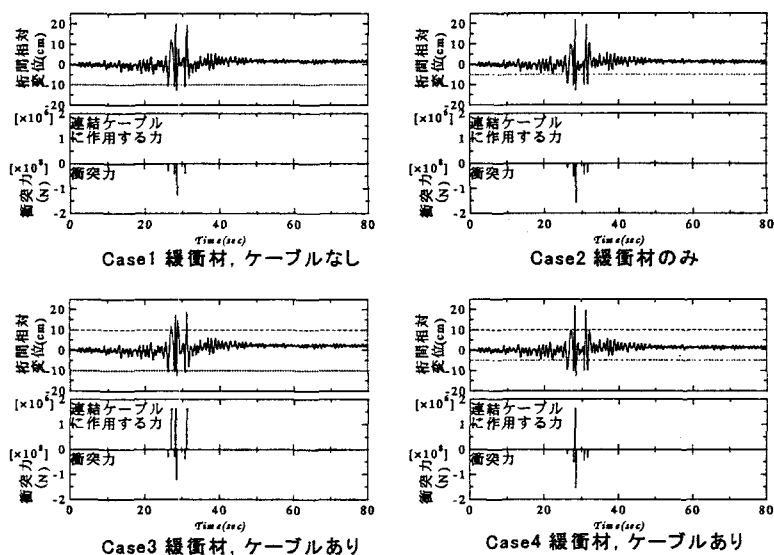


図5 時刻歴応答波形(タイプⅡ, A1橋台上)

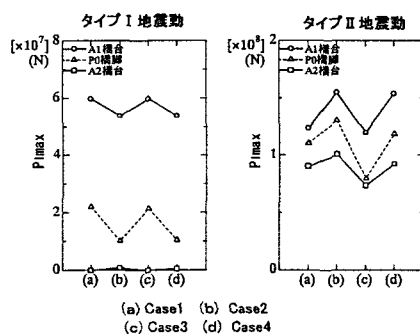


図6 最大衝突力