

斜橋に対する落橋防止構造の有効性

渡邊 学歩¹・川島 一彦²・庄司 学³・武村 浩志⁴

¹学生会員 東京工業大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

²F会員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科 (〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

³正会員 工修 東京工業大学助手 工学部土木工学科 (〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

⁴正会員 工修(株) ビー・エス 土木技術部 (〒170 東京都豊島区南大塚 3-20-6 大塚 FT ビル 6F)

直橋の場合と異なり斜橋では地震によって強い振動を受けると桁には回転が生じるので、このために道路橋示方書においても、斜橋の場合には桁の回転の効果を考慮した十分な長さの桁かかり長を設けるとともに、落橋防止構造を設置することが規定されている。本解析では、PCケーブルを用いた落橋防止構造を設置した橋の地震応答を動的解析によって解析し、斜橋における落橋防止構造の有効性について検討を行った。

Key Words : Seismic design Skewed Bridge Hyogoken Nanbu Earthquake Dynamic Response Analysis

1. はじめに

斜橋に強震動が作用すると、桁には回転が生じる。このために平成8年の道路橋示方書では、斜橋における桁の回転を考慮して十分な長さの桁かかり長を設定するとともに、落橋防止構造を設置することが規定されている。しかし、橋長が長くなると、落橋防止構造に作用する地震力も増大すると考えられる。本解析では斜橋における落橋防止構造の有効性について解析を行う。

2. 解析対象の橋と落橋防止構造

解析に用いた橋は、図1に示すように斜角が50度、幅員9.5m、桁長がそれぞれ120m、40m、40mの3連の桁を両端の橋台と4本の橋脚によって支持された構造である。各桁とも道路橋示方書に規定される斜橋の回転条件式を満たしている。解析では図2に示す多

自由度骨組み構造モデルを用いた。上部構造と下部構造の連結部分のモデル化には、破壊した後の支承のモデル化等不明な点が多いため、第一近似として橋台と桁間に生じる摩擦力をバイリニア型のばね要素を用いて表した。なお静止摩擦係数は0.1とする。

桁どうし、あるいは桁～橋台間の衝突を表すためには、図3に示す衝突ばねを用いた。

落橋防止構造としては桁～橋台間および隣接する桁どうしを図4に示すように、PCケーブルによって連結する構造とし、桁端面の鋭角端と鈍角端にそれぞれ1組ずつ設置する。道路橋示方書によれば桁かかり長は130cm必要であり、この0.75倍に当たる97.5cm以上の相対変位が生じた時から作用し始めることが規定されている。ここではこうした規定を参考に、遊間を30cmとした。桁1の重量(13524kN)の1.5倍に相当する荷重に耐えられるようにケーブル1組の許容耐力 P_u を8602.4kNとし、図5に示すように線形弾塑性トリリニア型の荷重-変位の履歴特性を持つばね

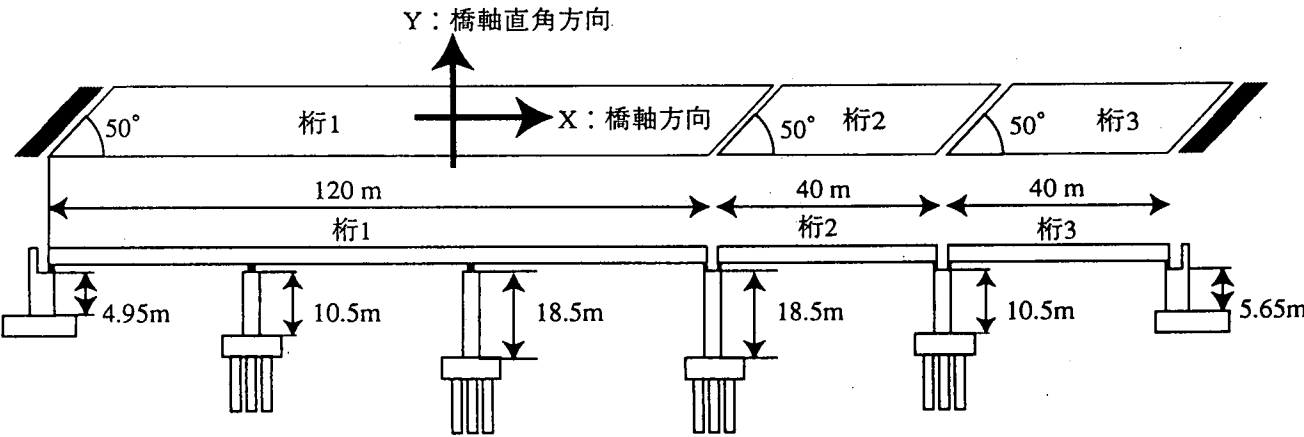


図1 解析対象の橋

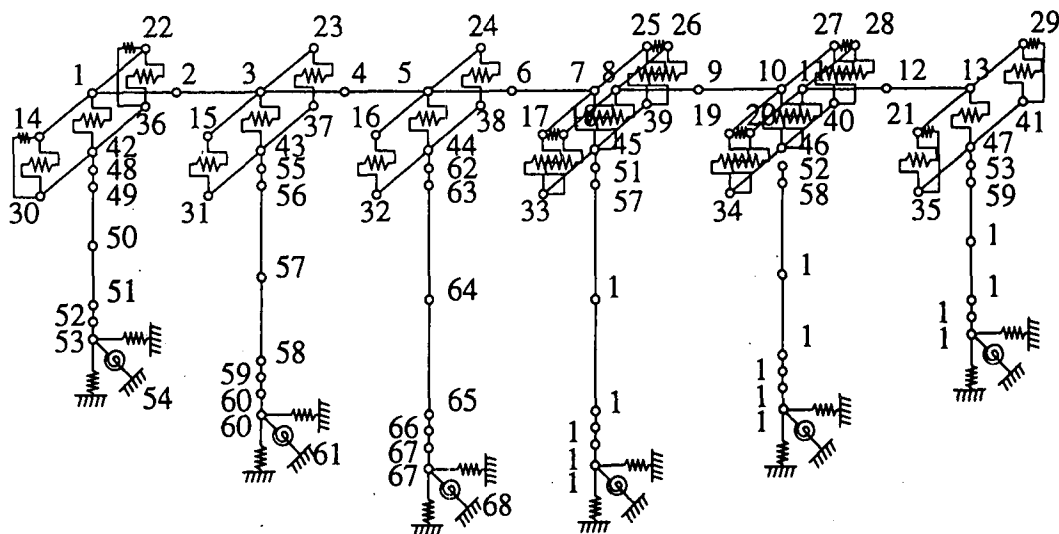


図2 多自由度骨組み構造モデルのモデル図

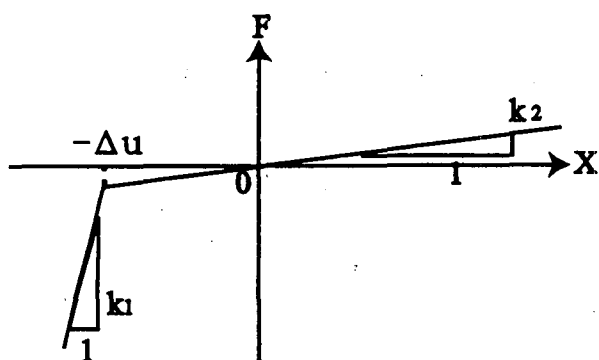


図3 衝突ばねの履歴モデル

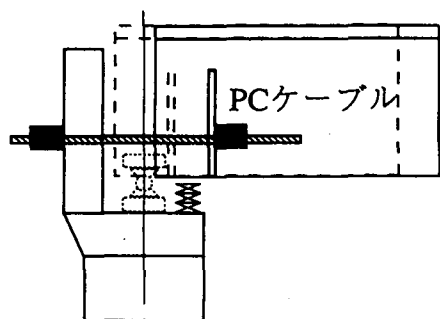


図4 PCケーブルによる落橋防止構造

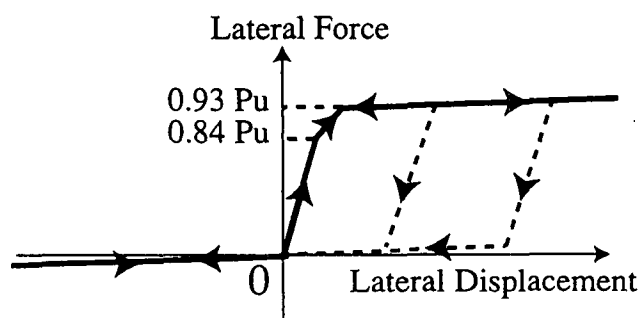


図5 落橋防止構造の荷重-変位の履歴特性

モデルに置換した。

入力地震動には兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で記録されたNS成分、EW成分を用い、それぞれ橋軸方向、橋軸直角方向に作用させて非線形動的解析を行った。

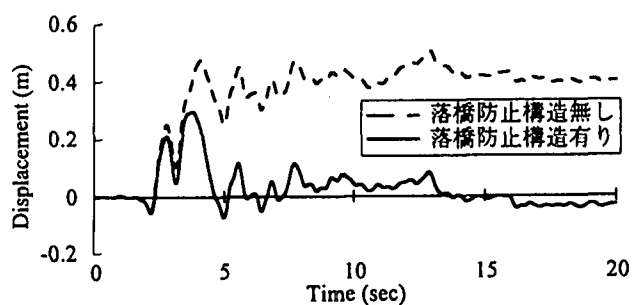


図6 桁1左端のX方向変位

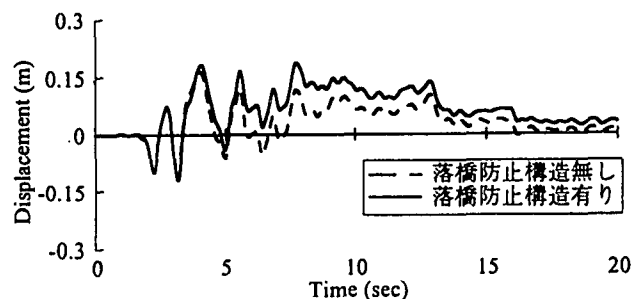


図7 桁2左端のX方向変位

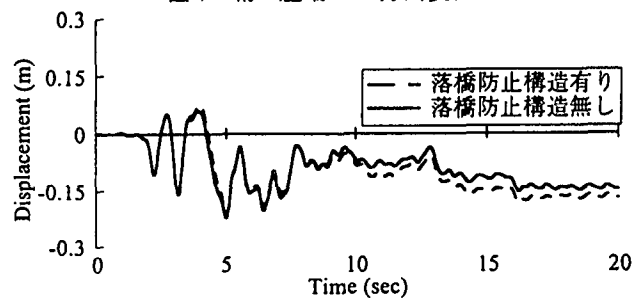


図8 桁3左端のX方向変位

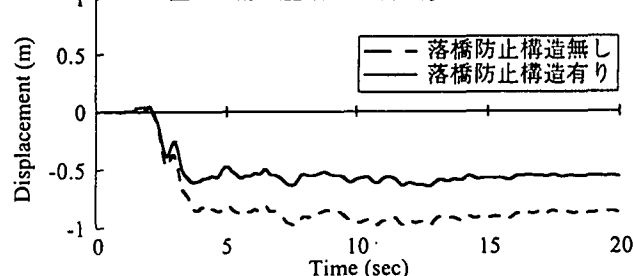


図9 桁1左端のY方向変位

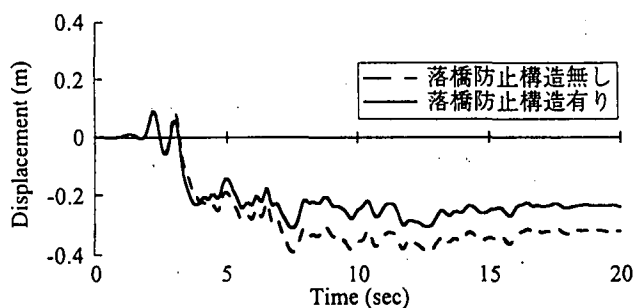


図 10 桁 2 左端の Y 方向変位

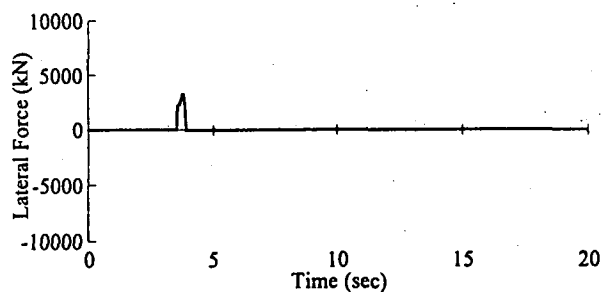


図 -12 PC ケーブルに作用する荷重の時刻歴

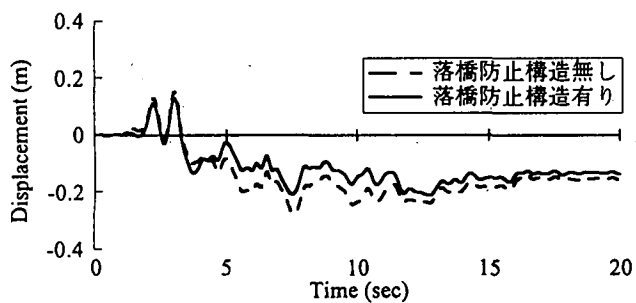


図 11 桁 3 左端の Y 方向変位

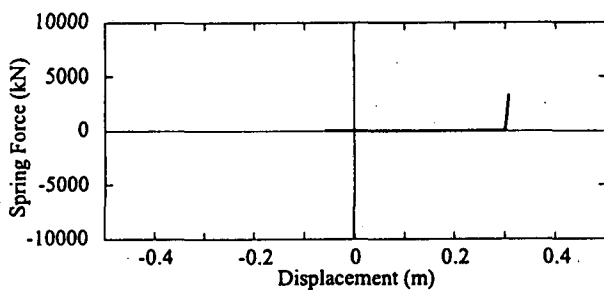
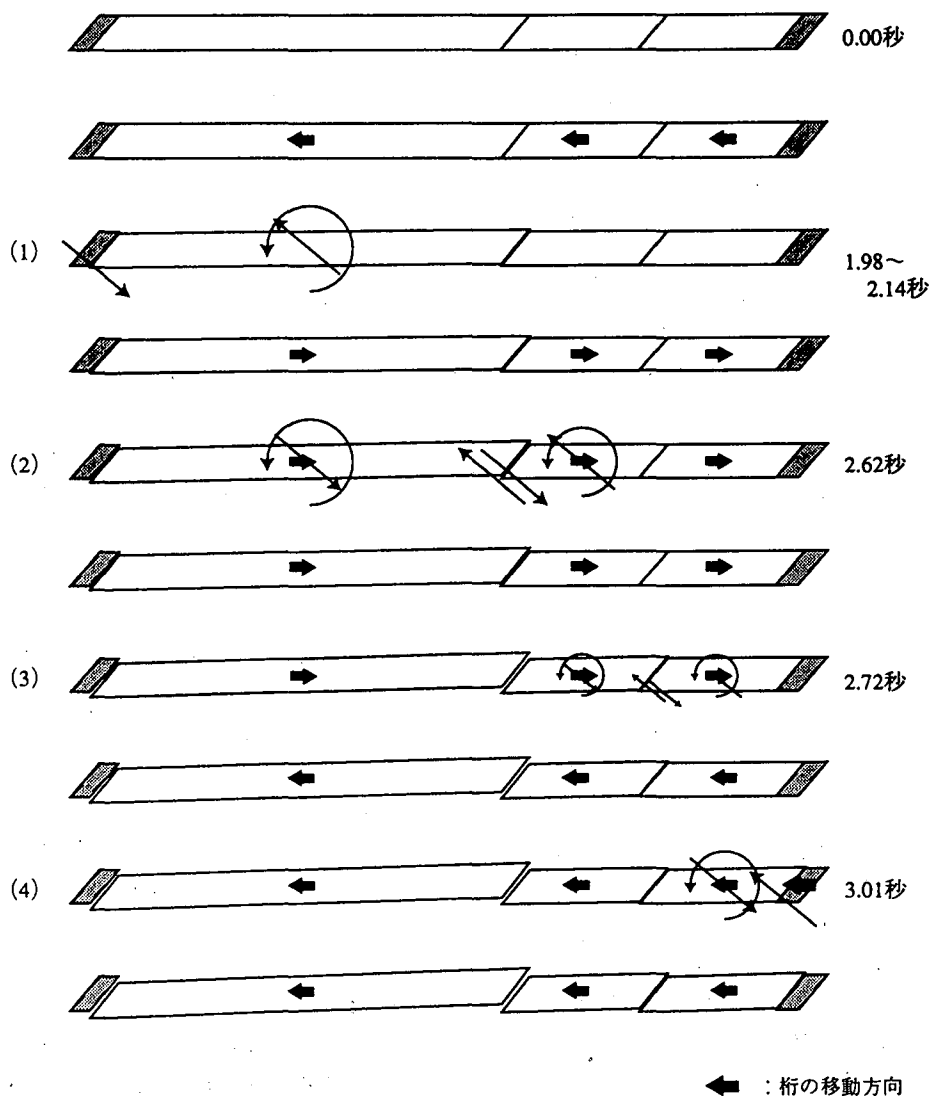


図 -13 PC ケーブルに作用する水平力と変位の履歴



◀ : 桁の移動方向

図 14 入力地震動を作用させてからの 4 秒間の応答 (落橋防止構造がない場合)

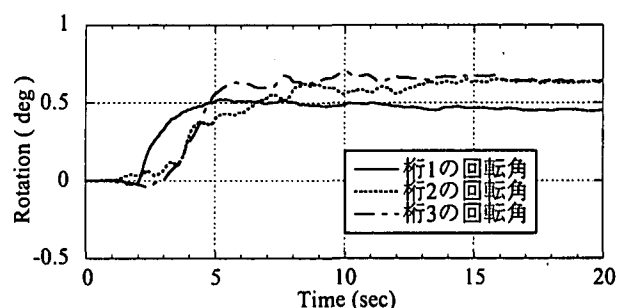
3. 斜橋の応答特性

図6～図11に桁1～桁3の左側端面における橋軸(X軸)および橋軸直角方向(Y軸)の変位を、図12、図13に落橋防止構造が作動した左側橋台～桁1間に設けたPCケーブルの作用力の時刻歴および履歴特性を示す。図6～図11には、落橋防止構造を設置していない場合、設置した場合の応答を比較して示している。これによれば、入力地震動がピークを迎える2秒から5秒にかけて斜橋には大きな応答が生じる。このため、入力地震動を作用させ始めてから最初の4秒間における3つの斜橋の振動を表したのが図14である。ここでは、落橋防止構造がない場合の応答を示している。桁と橋台、隣接桁間には次々に衝突が起こり、橋軸方向の桁相互の応答変位が抑制されるとともに、桁が回転し始めるのがわかる。

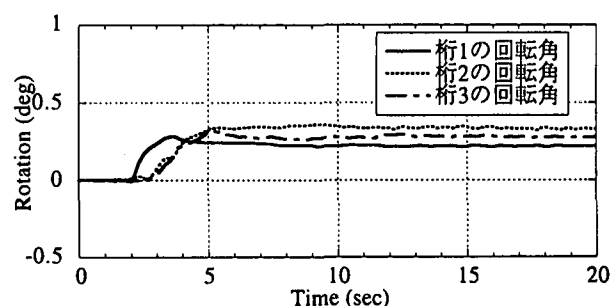
図12、13によれば、落橋防止構造は左側の橋台～桁1間で1回しか作動しない。また、ケーブルの作用力は最大3253kNでケーブルの許容耐力8602kNの0.38倍、桁1の重量13524kN、桁2の重量4508kNのそれぞれに対して0.24倍、0.72倍である。

このため、図6～図8に示すように、X方向(橋軸方向)の桁の変位は、落橋防止構造が作用し始める3.5秒までは、落橋防止構造があってもなくても同じ応答を示す、落橋防止構造が作用し始めると、その後の応答には大きな違いが生じてくる。桁1左端には落橋防止構造がないと地震後に橋台から離れる方向に50.4cmもの大きな応答が生じるのに対して、落橋防止構造を設けた場合には、ほとんどこうした応答は生じない。設けない場合に生じた応答変位は、地震後にそのまま残留変位として残る。桁2左端では残留変位があまり生じない。また桁3左端では-15cmほどの残留変位が桁間が詰まる方向に生じるが、これらには落橋防止構造の有無による差はほとんど生じない。これは、これらの桁間の相対変位が落橋防止構造の作動距離に達せず落橋防止構造が働かなかったためである。

一方、図9～図11に示すように、Y方向(橋軸直角方向)には大きな変位が生じている。特に、桁1左端では、落橋防止構造を設けなければ1m近い変位が生じ、これがそのまま地震後に残留するが、落橋防止構造を設けることによって、その1/2程度に低減できる。X方向の変位と同じ理由により、落橋防止構造を設けた場合と設けなかった場合の差が桁1左端ほどは生じないが桁2左端、桁3左端において、それぞれ30cm、20cm程度の変位が生じ、かつ、これらがほぼそのまま残留変位として残る。



(a) 落橋防止構造がない場合



(b) 落橋防止構造がある場合

図15 桁に生じる回転角

したがって桁には図15に示したように、反時計回りの回転が生じる

4. 結論

本解析から得られた結果は以下の通りである。

- (1) 3径間連続橋が1連、単純桁が2連、計3連からなる構造でも、桁と橋台、隣接桁間の衝突により桁の回転と橋軸直角方向の変位が生じ、これらが地震後にも残留する。
- (2) 桁間に生じる衝突は、橋軸方向(X軸方向)の桁相互の変位を全体として抑制する効果を持つ
- (3) 遊間を30cmとしたため、左側の橋台と桁1左端の間で1回しか落橋防止構造が作動しなかった。しかし、桁1左端のX方向の残留変位は落橋防止構造がない場合には40cmであったが、落橋防止構造を設けると、ほとんど0に減少した。また、桁の回転角も0.5度からその約1/2に減少した。
- (4) 上記(3)の際に落橋防止構造に作用した水平力は桁1、桁2の重量のそれぞれ24%、72%に相当する。

参考文献

- 1) 矢部正明、武村浩志、川島一彦：直橋および斜橋の桁間衝突とその影響、構造工学論文集、Vol.43A(1997年3月)
- 2) 渡邊、川島、庄司、武村：斜橋の回転に伴う落橋を防止するための落橋防止構造の効果(1997年9月)