

道路橋の落橋防止構造の効果に関する一検討

(独) 土木研究所 正会員 ○堺 淳一

(独) 土木研究所 正会員 星隈 順一

1. まえがき

現在の道路橋の耐震設計基準¹⁾では、地震時の落橋という致命的な被害を防ぐために落橋防止システムを設置することが規定されている。落橋防止システムは、けたかかり長や落橋防止構造等により構成されるが、けたかかり長や落橋防止構造の耐力をどのように設定すれば、合理的に落橋を防止できるかについてはまだ技術的な知見が少ないのが現状である。そこで、本研究は落橋防止構造の効果および落橋防止構造を設置しない場合に必要となるけたかかり長について、解析的な検討を行った。

2. 解析対象橋とモデル化

本解析では、1 径間の単純桁橋において、橋軸方向の地震力により支承が破壊して応答変位が過大になることにより上部構造が下部構造の頂部から逸脱する状態を対象とすることとし、隣接橋の影響を考慮するために、同一の単純桁橋が 3 径間連続する橋をモデル化することとした。解析モデルを図-1 に示す。支間長は 37.6 m の鋼単純合成 2 主桁橋であり、上部構造慣性質量は 7900 kN である。下部構造は、現行基準を満足するように設計された矩形断面 (4×4.5 m) の RC 橋脚であり、橋脚の高さは 10.9 m、曲げ耐力、終局変位はそれぞれ 9600 kN、0.26 m である。基礎は杭基礎であり、地盤は II 種地盤に分類される。上部構造は線形はり要素により、RC 橋脚は非線形はり要素 (Takeda モデル) により、基礎と地盤の影響は線形ばねによりモデル化した。橋の支持条件は、固定可動支持の場合を対象とすることとし、支承の耐力、破壊後の動摩擦係数をパラメータにした。支承の破壊のモデル化は梶田らの提案²⁾に従った。落橋防止構造は、上下部構造間に設置する場合を想定し、耐力と遊間量をパラメータにすることとした。落橋防止構造の破断は考慮していない。桁間衝突の影響は衝突ばねによってモデル化した。けたかかり長は道路橋示方書の規定により、0.9 m とした。入力地震動としては、道路橋示方書に示される標準加速度応答スペクトルに適合するように振幅調整が行われた地震動のうちタイプ I 地震動とタイプ II 地震動の影響を調べられるように 5 波を選定した。このうち、1995 年兵庫県南部地震の JR 鷹取駅 NS 成分記録を振幅調整して得られた II-II-1 記録を基本として用いた。動的解析における粘性減衰のモデル化には、要素別 Rayleigh 減衰を用いた。本解析モデルの 1 次固有周期は 0.77 秒である。

3. 落橋防止構造の効果と必要けたかかり長に関する試算

解析では、落橋防止構造を設置の有無の 2 ケースを 1 セットとして行うこととし、設置するケースに対して、上部構造にけたかかり長を超えるレベルの応答変位が生じるように地震動の入力倍率を変化させ、設置しないケースに対しては、同じ地震動強度を用いて解析を行うことにより、落橋防止構造が設置される場合にはどの程度の設計地震動に対してまで落橋を防ぐことができるのか、また、これを設置しない場合に落橋させないために必要となるけたかかり長を調べることにした。なお、落橋の挙動は複雑であるが、簡単のために、上下部構造間にけたかかり長を超える応答が生じる場合を落橋と判定することとした。解析ケースを表-1 に示す。

図-2 に、レベル 2 地震動に抵抗する支承耐力を有し、破壊後の動摩擦係数を 5% とし、落橋防止構造の耐力と遊間量は道路橋示方書に従い $1.5R_d$ と $0.75S_E$ としたケース (CASE-3) と落橋防止構造を設置しないケース (CASE-4) の地震応答の比較を示す。これによれば、落橋防止構造を設置することにより、設計地震動の 2 倍までの強度の地震動に対しても上部構造の応答変位はけたかかり長以内におさまっている。いずれのケースも、固定支承は 4.25 秒の段階で破壊し、そのとき橋脚には降伏を超える応答が生じた。その後、落橋防止構造を設置したケースでは 5.99 秒に落橋防止構造が作動し、応答がけたかかり長以内におさまるが、落橋防止構造を設置しないケースでは、落橋防止構造がないため上部構造の応答は増加し、1.38 m に達する。これは、

キーワード 落橋, 支承破壊, 落橋防止構造, けたかかり長

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL: 029-879-6773

けたかかり長の 1.5 倍の応答に相当する。こうした結果をまとめたものが表-1 であり、これより、本解析で対象としたパラメータに関して以下のことが分かる。支承耐力が大きくなると支承破壊までに蓄えられるエネルギーが大きく、支承破壊が上部構造の応答に大きな影響を及ぼすため、支承耐力が大きい方が上部構造の応答変位が大きくなる傾向にある。落橋防止構造については、耐力を大きくする場合または遊間を中程度にする場合に上部構造の応答変位は小さい。入力地震動の特性に関しては、タイプ II 地震動の方がタイプ I 地震動よりも大きな応答変位を生じさせやすい地震動であることが分かる。全体として、落橋防止構造を設置することにより、設計地震動の 2 倍までの強度の地震動に対しては落橋を生じさせるような応答変位は生じない。また、落橋防止構造を設置しない場合に上部構造の応答がけたかかり長におさまるようにするためには、タイプ II 地震動に対してはおおむね現在の基準のけたかかり長の 1.5~2 倍程度のけたかかり長が必要と考えられる。

4. 結論

本検討で対象とした条件の範囲で得られた結論を以下に示す。(1) 現行基準による落橋防止構造を設置することにより、設計地震動の 2 倍までの強度の地震動に対しては落橋を生じさせるような応答変位は生じない。(2) 落橋防止構造を設置しない場合に上部構造の応答がけたかかり長より小さくするためには、タイプ II 地震動に対してはおおむね現在の基準のけたかかり長の 1.5~2 倍程度のけたかかり長が必要である。

参考文献

1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002. 2) 梶田幸秀，渡邊英一，杉浦邦征，丸山忠明，永田和寿：鋼製支承の破損を考慮した連続高架橋の地震時応答性状と落橋防止装置の有効性の検討，構造工学論文集，45A, 903-914, 1999.

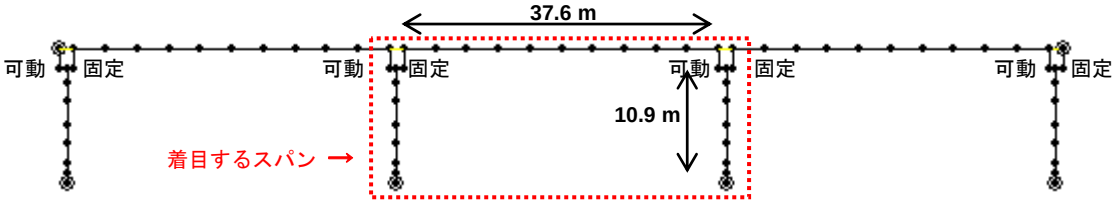


図-1 解析対象橋のモデル化

表-1 解析ケースと結果

	固定支承		落橋防止装置		地震動	地震動 倍率	上下部構造 相対変位 (mm)	桁かかり長 に対する 倍率	橋脚の 応答曲率 塑性率
	耐力 (kN)	動摩擦 係数	遊間 (m)	耐力 (kN)					
CASE -1	2963	0.05	0.675	5925	II－II－1	2.3	922		0.98
CASE -2	(3 <i>k_hR_d</i>)		----	----			1277	1.42	0.98
CASE -3	9500		0.675	5925		2.0	923		3.30
CASE -4			----	----			1390	1.54	3.30
CASE -5			0.675	9500		3.0	912		5.42
CASE -6			----	----			1130	1.26	2.52
CASE -7			0.36	5925		2.9	958		2.95
CASE -8			----	----			1069	1.19	2.14
CASE -9			0.09	5925		2.1	913		4.55
CASE -10			----	----			1625	1.81	3.60
CASE -11			レベル2 地震動相当	0.4		0.675	5925	2.6	916
CASE -12	----	----			1409	1.57	3.60		
CASE -13	0.05	0.675		5925	II－II－2	2.4	933		2.78
CASE -14		----		----			2005	2.23	2.78
CASE -15		0.675		5925	II－I－1	2.2	910		2.09
CASE -16		----		----			1285	1.43	2.09
CASE -17		0.675		5925	I－II－3	3.2	906		2.89
CASE -18		----		----			1946	2.16	2.89
CASE -19		0.675		5925	I－III－1	2.5	926		3.25
CASE -20		----		----			2834	3.15	3.25

※
落橋防止構造の耐力
1.5R_d = 5925 kN
落橋防止構造の遊間量
0.75 S_E = 0.675 m

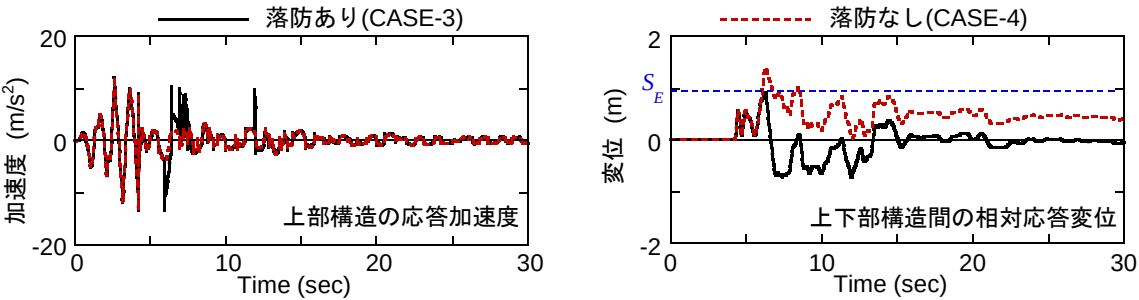


図-2 CASE-3 と CASE-4 の地震応答