

単純桁が連続する多径間都市高架橋へのエネルギー吸収型落橋防止構造の適用

摂南大学大学院 学生員 田中 賢太郎
(株)コベルコ科研 正会員 大谷 修

摂南大学工学部 正会員 頭井 洋
(株)神戸製鋼所 正会員 岡本安弘

1. はじめに

著者らは、両端が比較的剛な橋台で挟まれた2径間ないし4径間の単純鋼桁橋系の落橋防止構造として鋼製ベローズを用いた研究¹⁾により、鋼製ベローズの有効性を示した。そこでは、支承として金属支承を用い、大地震時には支承をヒューズメンバーとしている。

本研究では、単純桁が連続する多径間の都市高架橋を対象に、大地震を受けた場合の鋼製ベローズの有効性を検討する。本橋では、支承として反力分散型ゴム支承を用い、新設のみならず既設橋の耐震性の向上も想定している。従来のケーブル型の落橋防止装置の代わりに、エネルギー吸収型の落橋防止構造として鋼製ベローズを配置した。本報では、鋼製ベローズを設置した場合とケーブル型落橋防止構造を用いた場合および主桁連結化工法について、比較検討を行った。

2. 解析モデル

解析では、図-1に示すように、連続する単純桁橋の中から8径間を対象にする。上部構造はすべて、支間長39m、幅員9m、主桁間隔2.7mで4本主桁のプレートガーダーとし、1径間当たりで床版を含む全重量は433tonfとする¹⁾。両端には、鋼製橋脚の約半分の剛性の線形ばねと減衰比0.02の粘性要素を用いた。橋脚は鋼製T型単柱橋脚とし降伏変位は0.07m程度とした。支承にはHDR401の積層ゴム支承を用いた。本文では、橋軸方向のみに着目した検討を行った。

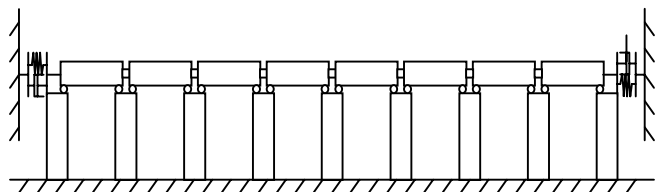


図-1 連続する単純桁橋の8径間の概略図

3. 等価線形モデルを用いた応答スペクトル解析

隣接桁間の衝突は生じないものとした。

主桁連結工法の場合はゴム支承の減衰と橋脚の塑性変形による減衰効果に基づき設計水平震度の低減

を行う。鋼製ベローズを用いる場合はベローズの塑性変形による減衰効果に基づく設計水平震度の低減を期待して橋脚の塑性変形をできるだけ生じさせないことを目指した。

等価線形化法による応答スペクトル解析によりゴム支承や鋼製ベローズの諸元を決定した。まず、上部構造や橋脚の変位を仮定し、ゴム支承や橋脚の非線形性を考慮して等価な線形剛性を求め、全体系の各次モードごとの周期を計算する。震度法(レベル)およびレベル2のタイプ 、タイプ の各応答スペクトルから水平震度を求め、減衰による低減を行った地震力より上部構造変位を算出した。各モードの重ね合わせはRMS法をよった。そして、仮定した変位と得られた変位との差が5%以内に収まるまで計算を繰り返した。

表 1 解析結果(レベル)単位:m

	鋼製ベローズ適用	主桁連結工法	従来型の落橋防止構造
固有周期	0.64	1.02	1.22
減衰定数	0.05	0.08	0.14
刺激係数	3.89	3.03	1.69
等価水平震度	0.25	0.22	0.19
減衰定数別補正係数	0.98	0.87	0.73

表 2 解析結果(レベル・タイプ)単位:m

	鋼製ベローズ適用	主桁連結工法	従来型の落橋防止構造
固有周期	0.91	1.21	1.76
減衰定数	0.22	0.06	0.06
刺激係数	2.96	2.89	3.03
等価水平震度	0.57	0.82	0.83
減衰定数別補正係数	0.65	0.95	0.95

表 3 解析結果(レベル・タイプ)単位:m

	鋼製ベローズ適用	主桁連結工法	従来型の落橋防止構造
固有周期	1.47	1.21	1.97
減衰定数	0.29	0.05	0.11
刺激係数	2.52	2.90	2.10
等価水平震度	0.79	1.78	0.61
減衰定数別補正係数	0.62	1.02	0.79

表 4 解析結果（レベル・タイプ）単位：m

		鋼製ペローズ適用	主桁連結工法	従来型の落橋防止構造
上部構造変位	Ub1	0.03	0.30	0.12
	Ub2	0.08	0.30	0.05
	Ub3	0.10	0.30	0.10
	Ub4	0.14	0.30	0.12
	Ub5	0.16	0.30	0.16
	Ub6	0.13	0.30	0.15
	Ub7	0.08	0.30	0.10
	Ub8	0.04	0.30	0.06
橋脚の変位	P1	0.03	0.03	0.03
	P2	0.02	0.05	0.04
	P3	0.10	0.05	0.10
	P4	0.05	0.05	0.12
	P5	0.04	0.05	0.16
	P6	0.05	0.05	0.15
	P7	0.08	0.05	0.10
	P8	0.04	0.05	0.06
	P9	0.01	0.03	0.01
鋼製ペローズの変位	Be11	0.03		
	Be12	0.05		
	Be13	0.02		
	Be14	0.05		
	Be15	0.03		
	Be16	0.03		
	Be17	0.05		
	Be18	0.04		
	Be19	0.04		

表 1 から表 5 まで示したような結果が得られた。表 1（レベル）の 3 ケースでは、鋼製ペローズおよび鋼製橋脚の変位がすべて弾性範囲内に収まった。表 5 のレベル・タイプ の 3 ケースの中では、従来型の落橋防止構造の上部構造変位が最大になっている。一方、表 4 のレベル・タイプ では主桁連結化工法の場合に最大の上部構造変位が生じている。鋼製橋脚の変位をみると、主桁連結化工法の場合、同じ方向に上部構造が一体として運動するので反力分散型ゴム支承が大きく変位し、表 5 のレベル・タイプ では支承に許容せん断ひずみを越えるひずみが生じ、鋼製橋脚の変位も弾性域を大きく越えている。また、上部構造の最大変位が 0.66m と大きく両端で隣接桁と衝突する可能性が高いと考えられる。従来型落橋防止構造の場合もレベル のタイプ では、隣接する桁間で衝突する可能性が高く、橋脚の変位も降伏変位を大きく越えている。これに対し、鋼製ペローズを適用した場合は、鋼製ペローズの塑性変形による減衰効果で地震力を低減させることができ、レベル のタイプ でも鋼製橋脚の変位は弾性範囲を少し上回る程度に低減

できている。

表 5 解析結果（レベル・タイプ）単位：m

		鋼製ペローズ適用	主桁連結工法	従来型の落橋防止構造
上部構造変位	Ub1	0.09	0.66	0.25
	Ub2	0.29	0.66	0.41
	Ub3	0.46	0.66	0.38
	Ub4	0.59	0.66	0.41
	Ub5	0.53	0.66	0.81
	Ub6	0.39	0.66	0.81
	Ub7	0.21	0.66	0.60
	Ub8	0.08	0.66	0.44
橋脚の変位	P1	0.03	0.06	0.11
	P2	0.06	0.12	0.07
	P3	0.09	0.12	0.06
	P4	0.09	0.12	0.06
	P5	0.09	0.12	0.09
	P6	0.07	0.12	0.13
	P7	0.05	0.12	0.11
	P8	0.08	0.12	0.06
	P9	0.01	0.06	0.04
鋼製ペローズの変位	Be11	0.09		
	Be12	0.21		
	Be13	0.20		
	Be14	0.19		
	Be15	0.09		
	Be16	0.18		
	Be17	0.18		
	Be18	0.14		
	Be19	0.08		

結論

単純桁が連続する多径間の都市高架橋にエネルギー吸収型の落橋防止構造として鋼製ペローズを設置することにより、従来型の落橋防止構造の場合および主桁連結化工法の場合と比較して上部構造や橋脚に生じる水平変位を大きく抑えることができ、橋脚に作用する地震力もかなり低減できる。これらの結果から、ゴム支承で支持された単純桁が連続する多径間の都市高架橋に対しても鋼製ペローズは大地震時に対する耐震設計あるいは耐震補強の有効な手段になり得ると考えられる。

参考文献

1. 頭井洋・中野将志・大谷修・岡本 安弘：単純鋼桁・橋脚系のエネルギー吸収型落橋防止構造に関する一検討、JSSC 鋼構造論文集 Vol.6、No.24、pp55-64、1999
2. 日本道路協会：道路橋示方書 耐震設計編
平成 8 年 12 月
3. 建設省土木研究所：道路橋の免震設計法 平成 4 年 10 月