

I-574

ゴム支承を用いた連続曲線高架橋の地震応答解析

東洋技研コンサルタント(株) 正員 ○味好 渉
 同上 正員 島田 功
 同上 正員 宮崎平和

【解析条件】

地盤種別 II種
 地域別補正係数 $C_z = 1.000$
 重要度別補正係数 $C_i = 1.000$
 減衰定数 $h = 0.025$ (上部工)
 0.075 (下部工)
 0.050 (ゴム支承)
 上部工諸元 7径間連続鋼箱桁(3主桁)
 橋長 246.400m
 支間割 34.500+5@35.200+34.500
 上部工全死荷重 $W_u = 4900tf$
 下部工形状 張出し付円柱橋脚(φ4.5m)
 基礎工 鋼管杭(φ600;無限長杭)

1. まえがき

インターチェンジのランプ橋などに採用される連続曲線高架橋は、曲率半径が小さく、橋脚高さが変化する等の特徴を有している。このような高架橋に方向性を持つ支承(支承板支承等)を用いた場合、任意方向の地震力に対して可動方向や反力の方向が不明確となる。また、一部の橋脚に大きな反力が作用する事がある。

近年、上記の問題を解消する為、全方向移動可能なゴム支承を用いて上部工地震時水平力の分散を図る傾向にある。連続曲線高架橋は、地震時の挙動が複雑であり、動的解析による照査を必要とする。ところで、ゴム支承を用い柔構造化を図ると複数個の固有周期が接近する傾向がある。このような場合、応答スペクトル法で2乗和平方根法により最大応答値を求める方法には精度上の問題を生ずる。

そこで、本報告では、時刻歴応答解析結果と応答スペクトル法の結果とを対比し、動的解析法について考察を行った。また、高架橋の振動特性についても検討した。

2. 検討モデル及び解析結果

解析に用いた条件及び構造諸元を図-1に示す。ゴム支承及び下部工柱の形状は、方向性を持たない円形とした。モデル化されたゴム支承、下部工、基礎工のパネ係数及び震度法により算出された水平反力を、表-1、表-2にそれぞれ示す。各橋脚の水平反力分担率は、ゴム支承のパネに支配された合成パネの比と殆ど一致する。又、ゴム支承が変形する為、ねじりの反力は小さい。固有値解析による固有モード及び固有周期を表-3に示す。

1~3次モードの固有周期は、近接している。この時の各モードの刺激係数 β を表-4に示す。4~5次モードは1~3次のものに比べ非常に小さい。応答スペクトル法に用いた加速度応答スペクトルを図-2に示す。¹⁾時刻歴応答解析に用いた入力加速度を図-3に示す。¹⁾図-1に示したモデルに対し直交する2方向(x, y)に地震力を作用させて、応答を解析した。図-4は、P5橋脚における時刻歴応答である。固有周期の近接したモードが重なる為、うなり現象を示している。

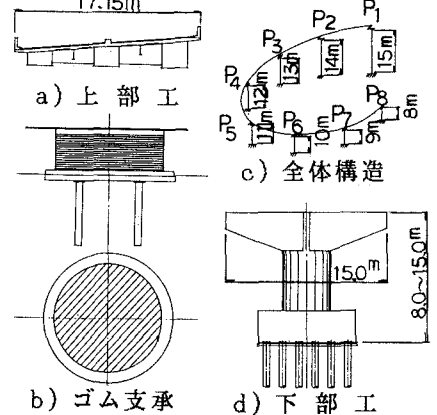


図-1 条件及び構造諸元

表-1 合成パネ 単位: tf/m

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	合計
ゴム支承 (K1)	800	1755	1755	1755	1755	1755	1755	800	11850
下部工・基礎工(K2)	11978	13613	15544	17836	20568	23828	27737	32422	163524
合成パネ (K)	826	1555	1577	1598	1617	1835	1851	647	10908

$$K = (K1 \cdot K2) / (K1 + K2)$$

表-2 合成パネと震度法による反力

合成パネ	単位	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	合計	
											tf/m
		826 (0.06)	1555 (0.14)	1577 (0.14)	1598 (0.15)	1617 (0.15)	1835 (0.15)	1851 (0.15)	647 (0.06)	10908 (1.000)	
反力	X方向	水平力 XR	70.9 (0.06)	178.1 (0.15)	180.6 (0.15)	180.1 (0.15)	179.4 (0.15)	180.5 (0.15)	183.6 (0.15)	71.7 (0.06)	1224.9 (1.000)
		ねじりモーメント	1.1	3.5	4.0	4.0	3.2	2.4	2.3	0.4	—
	Y方向	水平力 YR	70.0 (0.06)	178.0 (0.15)	174.8 (0.14)	176.5 (0.14)	180.3 (0.15)	183.5 (0.15)	187.7 (0.15)	74.1 (0.06)	1224.9 (1.000)
		ねじりモーメント	2.4	7.7	5.3	2.0	0.0	0.3	1.5	0.5	—

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編 (1990.2)
- 2) 土木学会編: 動的解析と耐震設計 第4巻 ライフライン施設, (社) 土木学会 (1989)
- 3) 角谷 務: 多自由度系モデルの地震応答解析 (講座・動的応答解析による橋梁の耐震設計入門, 橋梁と基礎, Vol.25, No.12(1991))

表-3 各モードの応答値

	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次
モード					
固有周期 T	1.370 (秒)	1.349 (秒)	1.329 (秒)	1.142 (秒)	0.678 (秒)

表-4 各モードの刺激係数 β

β	刺激係数				
	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード	5次モード
X方向地震時	0.7641	0.5054	0.6890	0.0313	0.0160
Y方向地震時	0.8721	0.5844	0.5875	0.0328	0.0093

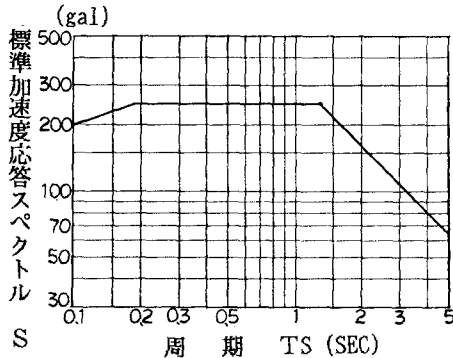


図-2 標準加速度応答スペクトル(Ⅱ種地盤)

動的解析(時刻歴応答解析法及び応答スペクトル法)による反力を表-5に示す。応答スペクトル法の内、2乗和平方根法は各振動モードに対する応答値を2乗和しその平方根を最大応答値とする方法である。線形総和法とは、各振動モードに対する応答値の総和を最大応答値とする方法である。前者は、各振動モードの固有周期が近接していない場合は、良い近似値を与えられている。本高架橋では、1~3次モードの固有周期が近接しており2乗和平方根法によるものは、地震方向と直交する方向の反力も大きな値を示している。時刻歴応答解析法及び線形総和法では、そのような結果は見られない。線形総和法による地震方向応答値は、時刻歴応答値より大きな値を与えている。時刻歴応答解析の結果は応答スペクトル法の2方法の間にある。地震方向と直交する方向の応答値は地震方向の値の10%程度である。

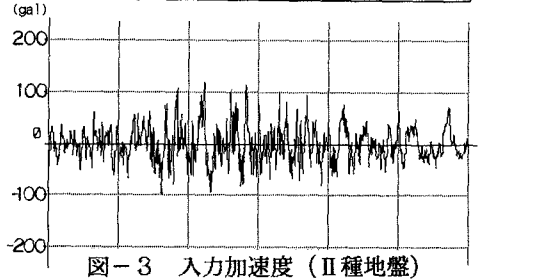


図-3 入力加速度(Ⅱ種地盤)

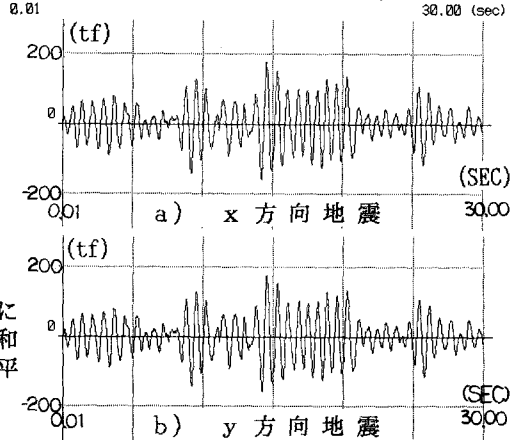


図-4 時刻歴応答(P5橋脚)

		単位	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
時刻歴応答解析法	XR	tf	67.6	167.9	171.9	173.6	174.5	178.0	179.3	67.3	
	YR	tf	13.5	11.3	9.7	16.2	14.1	10.1	16.4	13.9	
	MT	tf·m	6.6	18.3	13.0	14.9	14.5	12.5	19.7	7.4	
応答スペクトル法	2乗和平方根法	XR	tf	62.3	151.2	134.5	110.0	118.3	142.1	141.9	46.3
		YR	tf	60.7	115.6	115.9	131.1	125.8	112.0	128.9	92.9
	線形総和法	MT	tf·m	18.6	55.6	55.7	55.1	54.1	53.1	52.3	17.9
		XR	tf	74.1	183.5	185.1	184.5	183.4	184.2	186.2	73.2
		YR	tf	1.9	2.3	-0.6	-2.5	-1.9	-0.2	0.9	0.5
		MT	tf·m	0.7	2.2	2.8	3.2	2.4	1.3	0.7	-0.1

a) x方向地震

		単位	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
時刻歴応答解析法	XR	tf	8.2	19.7	16.4	8.2	9.8	18.0	17.8	5.2	
	YR	tf	73.2	173.9	171.6	174.6	175.4	172.5	171.9	67.5	
	MT	tf·m	5.4	15.0	11.2	10.9	11.4	11.3	13.8	5.0	
応答スペクトル法	2乗和平方根法	XR	tf	59.6	145.1	132.4	113.6	116.3	135.8	136.0	46.5
		YR	tf	60.1	121.9	121.5	132.8	129.4	119.8	132.5	61.4
	線形総和法	MT	tf·m	16.2	48.3	48.3	47.7	46.8	45.9	45.2	15.5
		XR	tf	1.4	2.9	0.3	-2.1	-1.4	-0.5	-0.4	0.3
		YR	tf	77.3	184.0	180.9	182.0	184.2	185.3	187.7	74.2
		MT	tf·m	1.9	6.4	4.1	0.6	-1.3	-0.5	1.1	0.4

b) y方向地震

表-5 動的応答解析方法による反力