

連続高架橋のかけ違い部における
隣接上部構造のモデル化に関する検討

前河隆太¹・徳川和彦¹・松浦功¹

¹正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 中部本社 （〒451-0046 名古屋市西区牛島町2番5号）

1. はじめに

大多数の橋梁は、単純桁であったり、2径間及び3径間で橋台－橋台で構成されている。しかし、都市内連続高架橋や大河川を跨ぐ橋梁の場合には、複数の橋梁上部工が連続する場合がある。橋梁の耐震設計においては、その設計振動単位に分割して考えることが、静的照査法や動的照査法においても一般的である。この場合には、かけ違い橋脚部において、隣接上部構造をどうモデル化するかによってその結果が異なってくる。本検討では、静的照査法時における橋軸方向および橋軸直角方向の解析モデルを提案し、そのモデルの妥当性についての照査を行った。また、動的照査法に用いる固有値解析も実施し、固有振動特性によるモデルの妥当性も照査した。

2. 解析諸条件

検討は図-2に示す地震時水平力分散ゴム支承で支持された3連3径間連続鋼1桁橋とし、中央の1連について着目し検討を行う。対象橋梁の諸元は「道路橋の耐震設計に関する資料、鉄筋コンクリート橋脚を用いた設計計算例」を参考に3径間モデルとした。

表-1 支承バネ

[kN/m]	端橋脚	中間橋脚
橋軸方向	8198	23614
直角方向	8198	23614

表-2 設計条件表

上部構造		
形式	3径間連続鋼桁橋	
支間割	40m×3径間	
幅員	12m	
支承条件	橋軸方向	直角方向
	弾性支持	弾性支持
支承の種類	ゴム支承(タイプB)	
下部構造		
橋脚	RCT型橋脚	
基礎	場所打ち杭(n=9)	
地盤種別	Ⅱ種地盤	
地域区分	A地域	

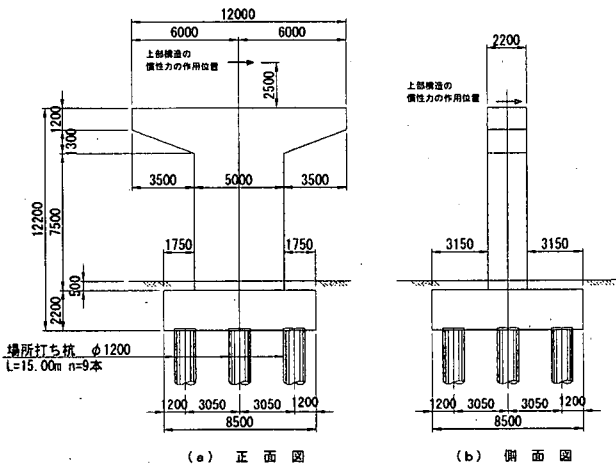


図-1 橋脚一般図

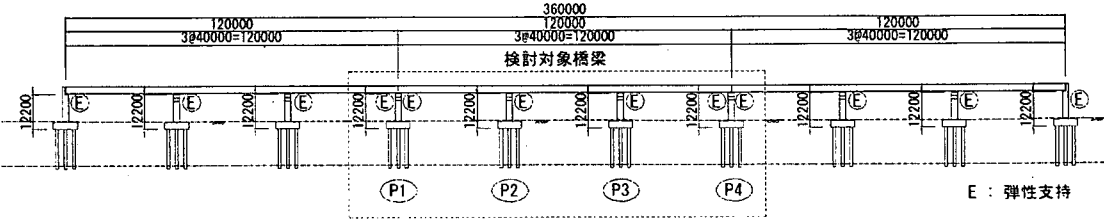


図-2 解析対象橋梁

3. 静的照査法による検討

静的照査法による検討では、固有周期と分担重量に着目する。固有周期は、下記の道路橋示方書に規定される設計振動単位の固有周期算出式に基づいた。

$$T=2.01\sqrt{\delta} \qquad \cdots (1)$$

分担重量は、橋軸・直角方向に1G作用させ、各橋脚での分担重量を算出した。この各ケースにおいて全体モデルとの整合性について検討する。

(1)解析モデル

検討ケースは橋軸方向2ケース・直角方向1ケースのモデルを設定した。橋軸方向は、隣接橋梁からの分担重量相当を節点集中質量にてモデル化したモデル(CASE1-a)とその集中質量に剛部材を付加し、質量の移動に方向性をもたせたモデル(CASE2-a)。但し、分担重量相当質量は、上部工重量を支承バネ比により各橋脚に割り振ることにより推定した。直角方向は、CASE1の分担重量相当質量を死荷重反力としたモデル(CASE1-b)で行った。

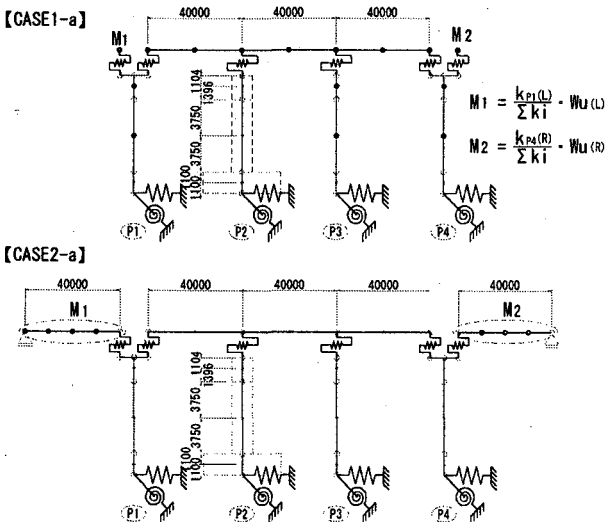


図-3 検討モデル（橋軸方向）

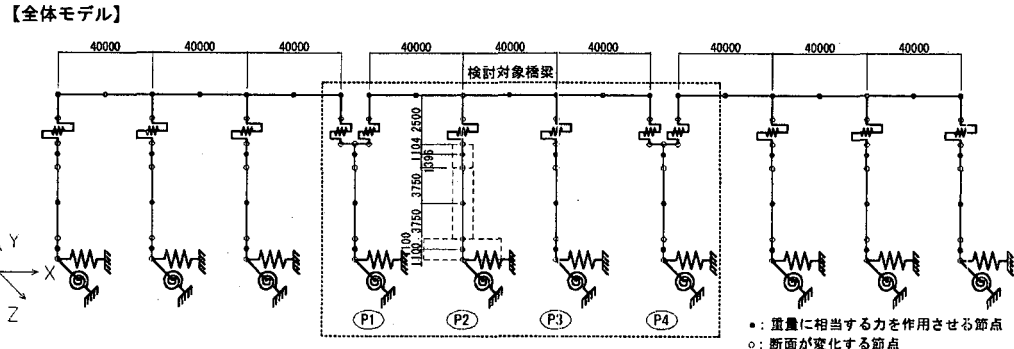


図-5 全体モデル（橋軸・直角方向）

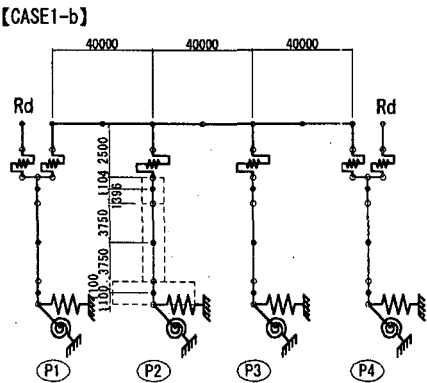


図-4 検討モデル（直角方向）

(2)解析結果

解析結果は、固有周期および分担重量において、各ケースとも全体モデルと橋軸方向・直角方向ともに全体モデルとよく一致している。

橋軸方向において全体モデル、CASE1-a、CASE2-aの結果に大きな差異はなく、同様の結果が得られた。これは当該モデルにおいて、支承バネ比により等価質量を算出することが妥当であったと考えられる。

表-3 固有周期比較

固有周期	橋軸方向(s)	直角方向(s)
全体モデル	1.147	1.237
CASE1	1.147	1.279
CASE2	1.147	-

表-4 分担重量比較（橋軸方向）（kN）

橋軸方向	P1	P2	P3	P4
全体モデル	2462	6770	6770	2462
CASE1-a	2463	6768	6768	2463
CASE2-a	2463	6768	6768	2463

表-5 分担重量比較（直角方向）（kN）

直角方向	P1	P2	P3	P4
全体モデル	2546	6686	6686	2546
CASE1-b	2517	6714	6714	2517

4. 動的照査法による検討

H14道路橋示方書より、動的照査法が多くの橋梁について適用されることとなった。そこで先に示す静的照査法のモデル（橋軸方向2ケース、直角方向1ケース）について、動的照査法による検討を行った。検討は、モデルの振動特性に着目するため、固有値解析により、モデルの卓越振動モードと固有周期について着目する。

表-6 固有値解析結果（橋軸方向）

解析ケース	卓越順序	1	2	3	4	5
橋軸方向 全体系	モード次数	1	11	13	5	3
	有効質量率	46.9	20.1	8.4	6.6	2.2
	固有周期	1.161	0.221	0.195	0.227	1.149
CASE1-a	モード次数	1	10	8	18	3
	有効質量率	49.6	19.1	8.5	6.2	0.2
	固有周期	1.161	0.222	0.227	0.058	1.106
CASE2-a	モード次数	1	10	16	18	16
	有効質量率	49.6	19.1	6.3	3.5	5.8
	固有周期	1.162	0.221	0.058	0.057	0.058

表-7 固有値解析結果（直角方向）

解析ケース	卓越順序	1	2	3	4	5
橋軸 直角方向 全体系	モード次数	1	26	3	20	28
	有効質量率	41.2	15.0	7.6	7.5	7.1
	固有周期	1.255	0.224	1.225	0.233	0.212
CASE1-b	モード次数	2	3	10	12	-
	有効質量率	35.5	17.6	17.5	14.2	-
	固有周期	1.318	1.218	0.233	0.224	-

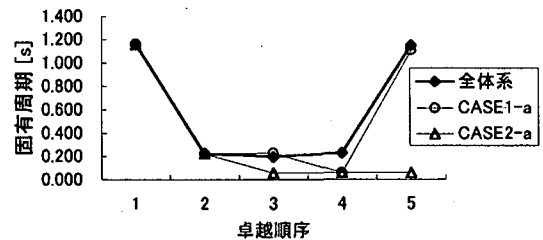


図-6 固有周期比較（橋軸方向）

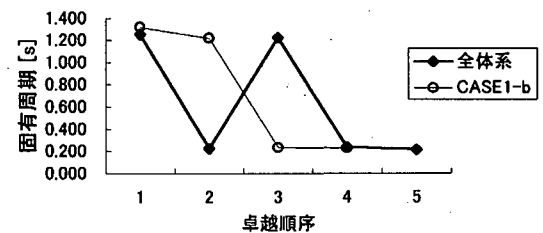


図-7 固有周期比較（直角方向）

卓越順序	橋 軸 方 向	直 角 方 向
1	 モード次数 = 1 固有周期 = 1.161 (sec)	 モード次数 = 1 固有周期 = 1.255 (sec)
2	 モード次数 = 11 固有周期 = 0.221 (sec)	 モード次数 = 26 固有周期 = 0.224 (sec)
3	 モード次数 = 13 固有周期 = 0.195 (sec)	 モード次数 = 3 固有周期 = 1.225 (sec)

図-8 全体モデル卓越振動モード（橋軸・直角方向）

卓越順序	1	2	3
CASE 1-a	 モード次数 = 1 固有周期 = 1.161 (sec)	 モード次数 = 10 固有周期 = 0.222 (sec)	 モード次数 = 8 固有周期 = 0.227 (sec)
CASE 2-a	 モード次数 = 1 固有周期 = 1.162 (sec)	 モード次数 = 10 固有周期 = 0.221 (sec)	 モード次数 = 16 固有周期 = 0.058 (sec)

図-9 卓越振動モード（橋軸方向）

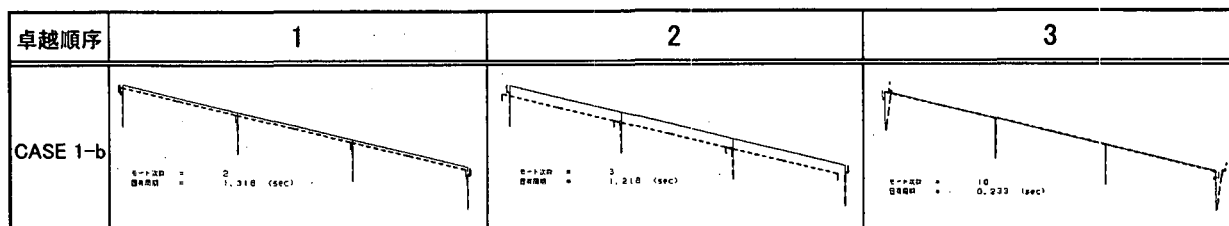


図-10 卓越振動モード（直角方向）

(1) 解析結果

橋軸方向では、固有周期・有効質量率ともにCASE 1-aが全体モデルとよく一致している。また、卓越振動モードについても、よく一致している。橋軸直角方向モデルは、両モデルともに最も卓越するモードは一致しているが、CASE1-bの3番目に卓越するモードはかけ違い橋脚のみの振動となっており、全体モデルと一致しない。これは、端部の質点モデルの振動特性が全体モデルの振動特性と若干ずれているために生じたと考えられる。

(2) 考察

CASE 1 のように隣接橋梁を等価な質量を有する質点で評価すれば、全体モデルと振動特性が良く一致することがわかる。これは、隣接橋梁が着目橋梁とスパン、支承バネ、剛性等が等しい橋梁であったため、質点のみが単体で振動する状況がなく、振動特性が一致したためと考えられる。しかしながら、等価質量を死荷重反力でモデル化した直角方向の固有値解析において、全体モデルとCASE1-bの有効質量率が大きく異なる結果となったことは、動的照査法において、その粘性減衰等の評価が異なることを示唆しており、静的照査法の適用性を改善させる必要があると考えられる。

5. まとめ

本検討にて取り上げた、同程度の規模の橋梁が連続する高架橋の場合、すなわち、隣接橋梁と着目橋梁の振動特性が等しい場合には、隣接橋梁を等価質量でモデル化することで、全橋梁をモデル化した場合に近い結果が得られることが確認できた。隣接橋梁が異なる振動特性を有する場合（異橋種、異支間、橋脚高さ等の橋梁規模が異なる橋梁）に対する適応性については、更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997.3
- 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，2002.3