

立命館大学大学院 学生員 ○ 桑 尚輔
 立命館大学理工学部 正会員 伊津野和行
 日本道路公団大阪建設局 正会員 中尾信裕
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 廣瀬彰則
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 坂本眞徳

1. はじめに

近年、国土開発幹線自動車道の整備に伴い、高速道路ランプ部等では数多くの曲線連続橋が建設されている。これら曲線連続橋では、地震時における挙動が複雑になることが予想される。特に直線橋とは異なり、3次元解析での挙動の把握が特に重要となってくる。本研究では、3次元非線形地震応答解析を行い、その挙動について検討するとともに、2次元簡易モデルでの解析を行い、その差異について考察を行った。

2. 解析モデル、条件および方法について

解析対象としたモデルは、上部構造に交角約90度と非常に小さな曲率を有する鋼箱桁と、RC単柱橋脚とが剛結された6径間連続ラーメン橋である。また、この橋脚は6%の縦断勾配の影響により橋脚高さが著しく変化している。Fig. 1上段に平面図、下段に側面図を示す。各橋脚の名称は、左から PH1, PH2, PH3, PH4, PH5 としており、PH0側橋梁端部は橋脚により、AH2側橋梁端部は橋台によって支持されている。

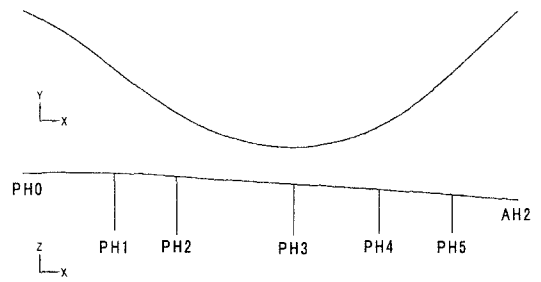


Fig. 1 Analytical model (3-D model)

3次元モデルの作成に関しては、上部、下部構造共にはり部材とし、水平、鉛直、回転に対する地盤バネも考慮している。また、橋梁端部の固定条件としては、PH0側橋梁端部についてはバネ部材、AH2側橋梁端部については剛はり部材でモデル化している。2次元簡易モデルの作成については、3次元モデルの各橋脚を橋軸方向にそのまま倒した形で2次元化しており、橋脚はバネ部材としてモデル化している。3次元解析モデルの非線形性の考慮については、解析に用いたソフトウェアの性能上、各橋脚の橋軸直角方向の挙動についてのみ武田モデルを適用しており、橋脚の橋軸方向ならびに桁については線形モデルとした。また、2次元簡易モデルについては3次元モデルに準じている。

入力地震波は、兵庫県南部地震における神戸海洋気象台記録の30秒間の地震記録をもとに、道路橋示方書V耐震設計編(平成8年12月)のI種地盤レベル2タイプIIスペクトルに合わせて修正したものを用い、また、その後の挙動を観察するために10秒間の0を加えた計40秒間の地震波を使用し、Fig. 1のX、Y方向にそれぞれNS、EW成分を入力した。

3. 固有値解析結果

固有周期をまとめたものを Table 1 に示す。今回の解析において固有周期については、約25%程度2次元簡易モデルの方が長くなっている。これはラーメン橋脚をバネ部材に置き換えてモデル化した事による影響である。また、Fig. 2 には1次モードと2次モードでのモード図を示しているが、3次元モデル、2次元簡易モデル

Table 1 Natural periods and effective mass ratios.

	3-D model	2-D simplified model
1st mode	1.20sec, 13.5%	1.50sec, 12.7%
2nd mode	1.05sec, 27.5%	1.23sec, 27.9%
3rd mode	0.86sec, 30.3%	0.96sec, 33.0%
4th mode	0.68sec, 33.5%	0.74sec, 36.8%
5th mode	0.60sec, 41.5%	0.60sec, 46.6%
6th mode	0.56sec, 47.3%	0.52sec, 47.4%

(Natural period, Effective mass ratio)

とを比べると5次モードまではほぼ同様なモード形状が得られた。しかし、6次モード以降については、3次元モデルにおいて上部構造の上下運動成分が卓越しており、形状は大きく異なる結果となっている。

4. 時刻歴応答解析結果

まず、3次元モデルの解析結果について、橋脚 PH1、PH3 および PH5 上端部での時刻歴応答波形および X-Y 平面での軌跡を、Fig. 3、4 に示す。これらより、橋脚 PH1 の応答値 (Fig. 3-a) は橋脚 PH5 の応答値 (Fig. 3-c) に比べ、最大値でほぼ 2 倍の応答値を示している。また、橋脚 PH1 上端部 (Fig. 4-a) は、ほぼ全方向に揺れているのに対して、橋脚 PH5 上端部 (Fig. 4-c) の挙動は楕円を描きながらも橋軸直角方向成分が卓越した揺れ方をしていることがわかる。この理由として、PH0 側橋梁端部については橋脚による固定、AH2 側橋梁端部については橋台固定と仮定した曲線連続橋の構造特性が影響していると考えられる。PH0 側橋梁端部ではほぼ全方向に振動することができるものの、AH2 側橋梁端部では橋台により挙動が拘束され、この端部を中心として振り子運動的な現象が起きている。PH3 の挙動については、応答変位波形 (Fig. 3-b) からわかるように橋脚 PH1、PH5 側両方からの影響を受けており、前半の 12 秒間では橋脚 PH1 側からの影響で全方向に挙動しており、それ以降では橋脚 PH5 側の影響を受け、約 45 度の方向の揺れが卓越している。

5. 2次元簡易モデルとの比較

次に、各橋脚の最大応答変位について、3次元モデルと2次元簡易モデルの結果をまとめたものを Table 2 に示す。これによると、全体的に2次元簡易モデルの応答変位の方が小さい場合が多いが、その比率は 0.78 から 1.10 と誤差がほぼ ±20% 以内に入っていることがわかる。このことから、設計の際に簡易な2次元非線形応答解析によって構造物の応答値を予測することも可能だと考えられる。しかし、3次元モデルと、2次元簡易モデルとの間で固有周期の差が大きくなると、応答波形に対しても大きな誤差が生じてくるものと考えられ、今後は2次元簡易モデルの作成における剛性の評価手法についても検討する必要がある。

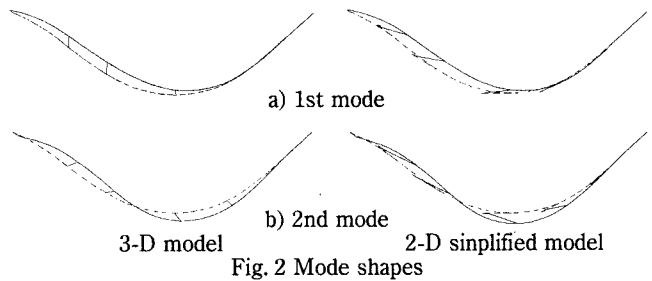


Fig. 2 Mode shapes

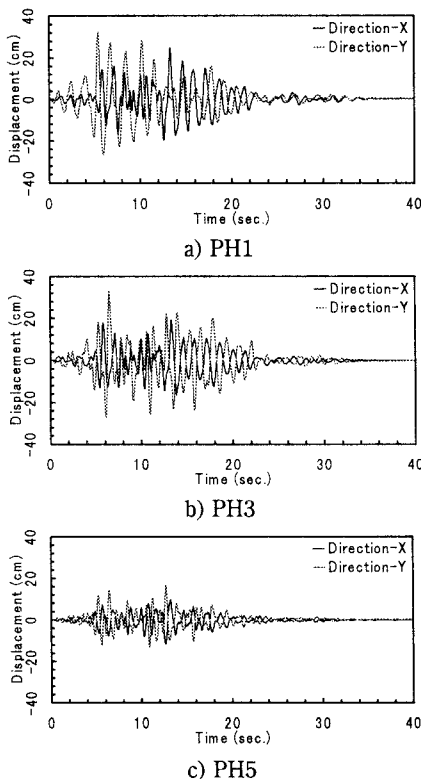


Fig. 3 Displacement response-time histories of piers (3-D model).

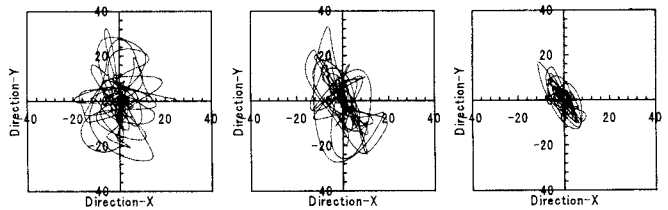


Fig. 4 Displacement responses of piers in X-Y plane.

Table 2 Comparison of the maximum displacements between 3-D analysis and 2-D analysis.

Pier	Direction	Max. Displacement (cm)		Ratio of 2-D/3-D
		3-D analysis	2-D analysis	
PH1	X	25.2	21.6	0.86
	Y	32.4	25.2	0.78
PH2	X	27.0	21.6	0.80
	Y	31.8	25.4	0.80
PH3	X	19.4	19.4	1.00
	Y	33.0	31.0	0.94
PH4	X	15.9	17.5	1.10
	Y	30.0	32.3	1.08
PH5	X	11.5	9.6	0.84
	Y	16.9	15.4	0.91