

I-614 自定式および部定式斜張橋の弾塑性地震応答特性について

饒銭高組 正 水取 和幸 同 正 山花 豊
九州大学工学部 正 大塚 久哲

1. はじめに

既往の研究において、主桁に軸力を伝達しない伸縮継手を有する部定式斜張橋の有利さが示され、弾性応答性状についても説明されつつある。ここでは、コンクリート部材の非線型化を考慮した弾塑性応答性状を明らかにするために、主径間長 200m の 3 径間連続 P C 斜張橋（部定式・自定式）を例にとり弾塑性応答解析を実施し、応答変位・応力状態の変動および拘束効果について検討を行なった。

2. 解析モデル

図-1 に示す 3 径間連続 P C 斜張橋を対象とした。部定式モデルは、主径間の搭より 7 本目と 8 本目のケーブル定着点間に軸力・モーメント非伝達継手を有し、桁端支持点はヒンジとした。自定式モデルは桁端上下方向のみ拘束したもので、両モデルともフローティングタイプである。部材の復元力特性は、Degrading Tri-Linear型の武田モデルとし、図-3 に示すスケルトンは、道路橋示方書耐震設計編に準じて算定したもので応答時の変動はないものとした。両モデルの固有周期・固有モードの一例は、表-1、図-2 に示す。一次固有周期は部定式で約 2.7 秒、自定式で約 5.1 秒であり、固有モードに両モデルの境界条件の違いや主径間伸縮継手の有無による特徴が表れている。

3. 解析方法

弾塑性応答解析は、部材端に非線形特性バネを有する材端剛塑性バネ法を用い直接積分法（ニューマークβ法・ $\beta=1/4$ ）により行った。減衰定数は、レリー型とし、1～10 次固有周期で約 2% を設定した。また、入力地震動は、El-Centro NS 波を最大 500gal と 700gal にして橋軸水平方向に加振した。

4. 解析結果および考察

(1) 応答最大モーメント（図-4）

部定式（500gal）では、弾性応答値に比べ弾塑性応答値の方が約 2/3 程度に押えられるものの、ほぼ同じ傾向を示す。しかし、入力 700gal では降伏に至る部材が多くなり、伸縮継手近傍を除く桁全域に渡ってなだらかな分布を示す。自定式（500gal）では、弾性応答値に比べ 2 割程度小さくなるに留まっているが、これは桁の応答値が部定式に比べて小さく非線形域に至る部材が少ない事に起因している。一方、700gal では降伏に至る部材が多く応答値の上昇は押えられている。部定式と自定式では、桁の最大応答値は部定式の方が大きく、また、搭・橋脚では自定式の方が大きく、非線形域に至る部材は多い。

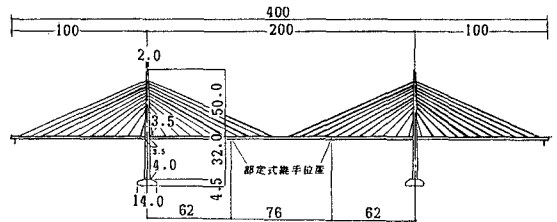
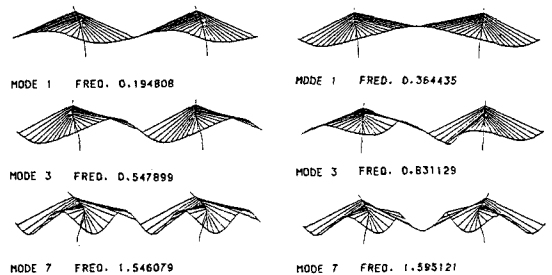


図-1 構造図



自定式

部定式

図-2 固有モード図

表-1 固有周期

	次数	部定式	自定式
固有周期 (秒)	1 次	2.74	5.13
	2 次	2.12	2.74
	3 次	1.20	1.83
	4 次	1.16	1.15
	5 次	0.88	0.96
	7 次	0.63	0.65

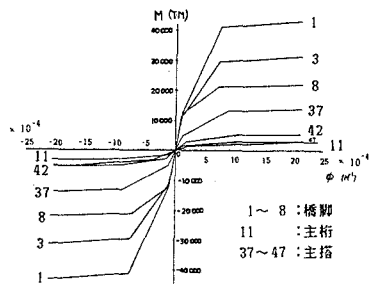


図-3 スケルトン (M-φ)

(2) 応答最大軸力 (図-5)

部定式は桁両端水平固定であるが、主径間では伸縮継手の効果により小さく桁両端に至る程大きくなるものの、伸縮継手のない場合に比べかなり抑えられている。一方、自定式は桁の水平方向拘束自由のため桁全体に渡って小さい。塔・橋脚に生じる応答軸力は、自定式に比べ部定式の方が約5倍程度大きい。

(3) 応答最大変位 (表-2)

自定式と部定式モデルにおける弾塑性応答解析 (500gal・700gal) 結果を示している。表から明らかにように橋脚・塔・桁の水平変位、また、桁の上下変位とも自定式の方がかなり大きい。

(4) ひび割れ状況・順序図 (図-6)

ひび割れに至る部材は、桁では部定式の継手部近傍を除いて、ほぼ全域に生じている。塔は部定式・自定式ともほぼ全域にひび割れを生じているものの、橋脚は自定式の場合の方が早い時刻から多くひび割れ域に至っている。

ひび割れ発生順序は、

部定式：主径間の桁→側径間の桁→橋脚下端→塔
自定式：主塔下端→主桁→橋脚下端→主塔→橋脚であり、自定式では特に橋脚・塔に大きな応答を生じている。

5. まとめ

(1) 応答曲げモーメントは、桁では自定式・部定式とも同程度の応答を示すが、橋脚は自定式の方が大きな応答を示す。

(2) 桁の軸力は部定式の桁両端で大きい。また、橋脚・塔の応答軸力も自定式に比べ部定式の方が約5倍程度大きく表れる。

(3) 応答変位は、橋脚・塔の水平方向、桁の上下方向とも自定式の方が大きく、非線形部材の増加と共に長周期化し応答変位は大きくなる。

(4) 部定式・自定式とも桁両端の境界条件や主桁と橋脚の結合条件の違いによる応答特性の把握により応答応力・変位を減少することが出来ると考えられる。

参考文献

- (1) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
- (2) 動的解析と耐震設計 (第4巻) 土木学会編
- (3) 「部分定着式斜張橋の開発に関する研究」 大塚・水田 他 土木構造・材料論文集第3号
- (4) 「コンクリート斜張橋の地震時弾塑性応答解析」 水取・山花 土木学会第44回年次講演会

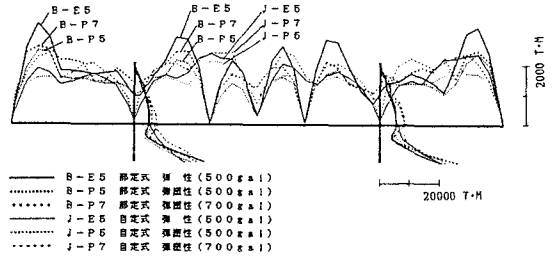


図-4 応答最大モーメント分布図

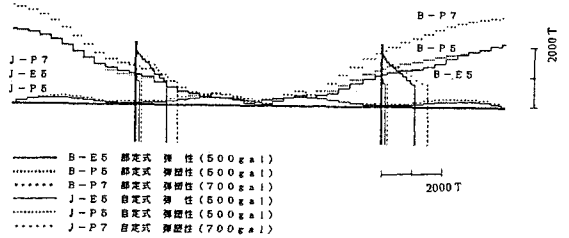


図-5 応答最大軸力分布図

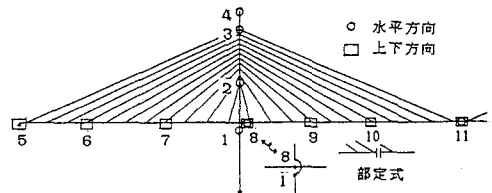


表-2 応答最大変位

	出力 点(寸)	最大応答変位(500gal)		最大応答変位(700gal)	
		部定式	自定式	部定式	自定式
水平 方向	橋脚				
	1	6.1	7.3	8.1	11.0
	2	9.1	17.0	13.0	24.0
	3	9.5	28.0	14.0	37.0
上下 方向	4	15.0	31.0	22.0	47.0
	8	1.0	22.0	1.3	37.0
	11	11.0		15.0	
	5	0.0	0.0	0.0	0.0
上下 方向	6	17.0	26.0	25.0	36.0
	7	10.0	22.0	15.0	34.0
	8	1.8	0.7	2.4	0.9
	9	11.0	22.0	16.0	34.0
	10	22.0	29.0	35.0	39.0
	11	4.2	3.0	8.6	4.5

単位 (cm)

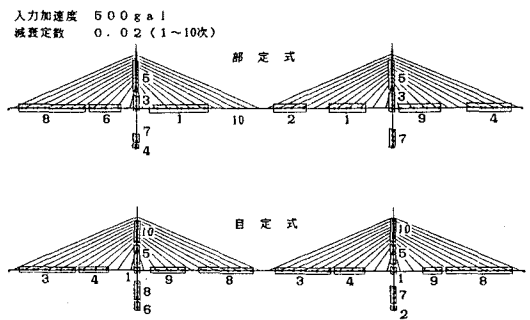


図-6 ひび割れ状況・順序図