

首都高速道路公団 正員 秋元 泰輔
 同 上 正員 安孫子 敏雄
 同 上 正員 和泉 公比古

1. まえがき

最大支間が 200 m をこえる斜張橋を、地盤の軟弱な地点に計画する際に、橋梁が地震によりどのような挙動を示すかということを検討することは重要である。とくに、主桁の平面形状が S 字形の曲線斜張橋においては、斜張橋のもつ動的特性のほか、S 字橋としての特異な振動性状を示すと考えられるため、それらについて検討し、S 字形のもつ固有の動的特性を把握しなければならない。本報告は、首都高速葛飾江戸川線に計画されている、最大支間 220 m の S 字形曲線斜張橋の地震時の挙動を、周辺地盤を含んだモデルにより解析したもので、橋梁全体の動的な挙動を把握するほか、主として S 字橋のもつ動的特性に着目し、考察したものである。

2. 解析概要

解析は、平面モデルと立体モデルにより行った。各モデルの概要を、図-1、図-2 に示す。解析方法は、モーダルアナリシスによる時刻歴応答解析および応答スペクトル解析とし、入力地震動は、地震波としてハフ(N-S)を当該地盤における基盤波に変換したもの、応答スペクトルとして平均応答スペクトル曲線および近距離小規模地震のスペクトル曲線を用いた。また、入力最大加速度は 150 gal とした。地盤の評価については、周辺地盤を考慮した斜張橋基礎の地震応答解析をもとに予備検討を行い、1 辺 150 m の正方形断面の角柱地盤を、1 列のせん断パネ・マスに置換する手法を採用した。解析に使用する地盤の水平パネ、せん断パネ、減衰定数の値は、地盤のみの応答解析¹⁾の最終値から決定した。立体モデルにおける、地震動の入力方向は、本橋が S 字であることや、沓の移動方向等を考慮し、親塔部での主桁の橋軸方向と直角方向、子塔部での主桁の橋軸方向と直角方向の 4 方向とした。なお、本橋は、ケーブル配置がマルチ形式(親塔 17 段、子塔 7 段)のため、ケーブルを 1 本おきに間引く検討を行い、応答値にほとんど差のないことを確認した後、モデルに反映した。

3. 解析結果 および 考察

立体モデルと平面(橋軸)モデルの主桁のたわみ振動の固有周期を、表-1 に示す。この表より、主桁のたわみ振動の固有周期が、立体モデルと平面モデルでほとんど差のないことがわかる。

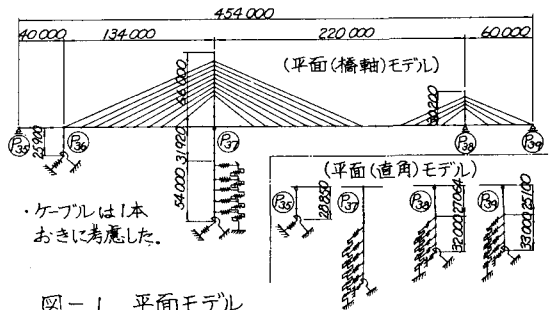


図-1 平面モデル

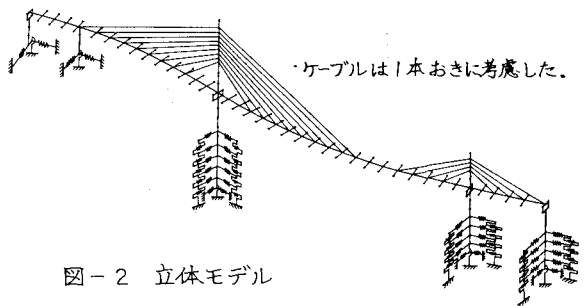


図-2 立体モデル

表-1 立体モデルと平面(橋軸)モデルの主桁たわみ振動の固有周期

構造系 振動次数	立体モデル		平面(橋軸) モデル
	子塔系	親塔系	
たわみ1次	2.267 (1)	2.267 (1)	2.210 (1)
2次	1.262 (10)	1.262 (10)	1.247 (3)
3次	0.882 (14)	0.882 (14)	0.870 (5)
4次	0.635 (19)	0.635 (19)	0.628 (6)
5次	0.483 (26)	0.483 (26)	0.479 (8)

() 内数値は、全ての振動モードを長周期順に並べたときの振動次数

立体モデルと平面(橋軸)モデルの橋軸方向変位および曲げモーメントを、図-3、図-4に示す。また、立体モデルと平面(直角)モデルの直角方向変位および曲げモーメントを、図-5、図-6に示す。(入力地震動は、いずれも平均応答スペクトル。)これらの図より、全体的に見て、立体モデルと平面モデルの最大応答値には、ほとんど差のないことがわかる。また、応答値の分布形状についても、図-4において主桁の曲げモーメントに若干の差がみられるものの、全体としては、ほとんど差がないと言える。この傾向は、他の入力地震動についても同様であった。

立体モデルと平面モデルの解析結果の大きな相違点は、立体モデルにおいて、平面モデルでは計算されない、比較的大きな変位、断面力が生じていることである。両者の主要点の応答値を、表-2に示す。ここで、立体モデルにおける、橋軸方向地震時の親塔と子塔の変位、曲げモーメントおよび主桁の曲げモーメントについて、ほとんどが橋軸方向より直角方向の値が大きくなっている。これは、橋軸方向の地震力に対し、S字のため直角方向に大きな力が生じているためと思われる。また、立体(子塔)モデルにおいて、親塔の橋軸方向変位に着目すれば、橋軸方向地震時よりも、直角方向地震時の方が大きいことがわかる。他の応答値にも同様の傾向がみられた。これは、直角方向の地震力が橋軸方向の応答値にもかなりの影響を与えることを示しており、S字橋であるための特徴の1つと言えよう。

4. あとがき

S字形曲線斜張橋の立体モデルと平面モデルによる地震応答解析の結果、全体としては、立体モデルと平面モデルの応答値の差は、ほとんどなかった。しかし、立体モデルの場合、平面モデルでは計算できない変位、断面力が得られ、それらの値がかなり大きなものもあり、S字橋の特徴であると思われる。最後に、本解析に際し協力をして頂いた大日本コンサルタント(株)笹川氏に、感謝の意を表します。

(参考文献) 秋元、安孫子、和泉：周辺地盤を考慮した斜張橋基礎の地震応答解析、第36回年次講演会概要集

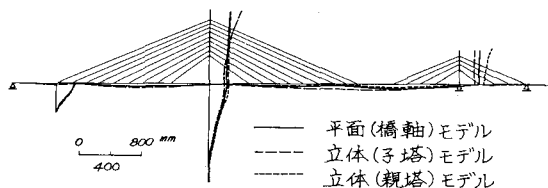


図-3 立体モデルと平面(橋軸)モデルの橋軸方向変位

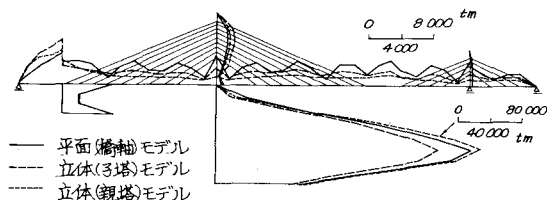


図-4 立体モデルと平面(橋軸)モデルの橋軸方向曲げモーメント

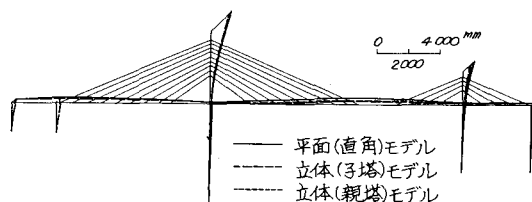


図-5 立体モデルと平面(直角)モデルの直角方向変位

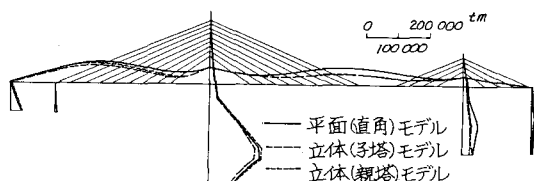


図-6 立体モデルと平面(直角)モデルの直角方向曲げモーメント

表-2 立体モデルと平面モデルの主要点の応答値

変位・断面力	モデル	平面		立体			
		橋軸	直角	子塔橋軸	子塔直角	親塔橋軸	親塔直角
親塔頂部の変位	橋軸	252	—	380	515	256	186
	直角	—	1,659	698	1,487	320	1,655
子塔頂部の変位	橋軸	252	—	184	136	379	311
	直角	—	925	433	709	321	694
主桁の最大曲げモーメント	橋軸	3,801	—	5,510	6,343	4,333	6,468
	直角	—	66,402	25,044	57,458	20,836	61,086
主桁の最大ねじりモーメント	橋軸	—	5,117	2,214	4,388	1,799	4,559
	直角	1,472	—	2,170	3,755	1,690	4,079
親塔の最大曲げモーメント	橋軸	—	17,544	8,164	16,386	4,182	17,523
	直角	308	—	202	360	189	373
子塔の最大曲げモーメント	橋軸	—	13,541	5,447	12,831	2,949	13,596
	直角	183,670	—	165,218	79,339	189,324	73,389
子塔橋脚下端の曲げモーメント	橋軸	—	88,606	66,560	83,920	59,792	91,413
	直角	—	—	—	—	—	—

入力地震：平均応答スペクトル(図-3～図-6、表-2)