

大阪大学工学部 正員 小松 定夫  
 大阪大学工学部 正員 〇川 谷 充 郎  
 大阪大学大学院 学生員 根 岸 嘉 和

**1. まえがき** 本文は、ケーブル本数、桁形式により分類した3形式の斜張橋(図-1、表-1)について、衝撃係数に関する資料を得るために、走行荷重下の動的応答解析を行なうものである。荷重の走行による動的効果は、一般に、動的増幅率(Dynamic Increment Factor 以下、DIFと略記する)を用いて表わすが、斜張橋においては、ケーブルにより桁および塔に軸方向力が作用することを考慮して、桁および塔のたわみ、断面力のみならず、各部の応力のDIFを求めた。

**2. 解析方法** 斜張橋を平面構造系の lumped mass system として、マトリックス変形法により解析し、1台の走行荷重を1自由度振動系(ばね下質量無視)と仮定し、橋と車の連成振動解析は modal analysis を用いる。但し、ここでは曲げ振動のみを考えている。対象とする3形式の斜張橋について、

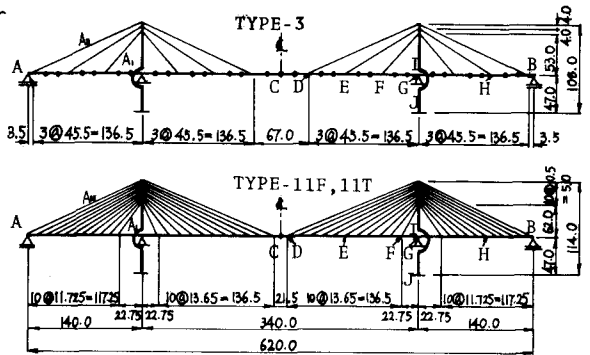


図-1 斜張橋の形状、寸法

表-1 斜張橋諸元

		TYPE-3	TYPE-11F	TYPE-11T
桁	形式	連台形箱桁	扁平箱桁	トラス桁
	$I_p$ (m <sup>4</sup> )	2.90	2.98	4.10
	$W_p$ (t/m)	20.0	21.6	22.0
塔	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	0.994	1.214	0.4
	$I_r$ (m <sup>4</sup> )	桁上 2.284	1.518	
	$w_r$ (t/m)	桁上 9.4		
ケーブル	$A_r$ (m <sup>2</sup> )	桁上 0.968	1.342	
	$A_c$ (m <sup>2</sup> )	A <sub>1</sub> 0.051 A <sub>2</sub> 0.051 A <sub>3</sub> 0.077	A <sub>1-4</sub> 0.0128 A <sub>5-7</sub> 0.0170 A <sub>8-11</sub> 0.0192	
	弾性係数(t/m <sup>2</sup> )	桁・塔 2.1×10 <sup>7</sup>	ケーブル 2.0×10 <sup>7</sup>	
耐敷減衰率		0.02		

QR法を用いた固有値解析によって求められた47次(TYPE-3)、67次(TYPE-11F, 11T)の固有振動数のうち10次までを表-2に示す。動的応答解析は Newmark- $\beta$ -method を用いるが、たわみ、断面力を所定の精度で収束させるために、考慮するモードの次数は、TYPE-3では43次、TYPE-11F, 11T では49次とする。

また、走行荷重の諸元を表-3に示す。荷重の質量、固有振動数をパラメーターとして、斜張橋の各部のたわみ、断面力に関するDIFについて調べたが、DIFはほとんど変化しなかった。今回解析に用いた諸元は実測によって得られたものである。

**3. 動的増幅率 (1) 単一走行荷重**

図-1の橋の端Aから1台の荷重をある速度で走行させたときの橋の各部のたわみ、曲げモーメント、応力、ケーブル軸方向力に関するDIFを図-2に示す。計算は走行速度40, 60, 80 Km/hについて行なうが、DIFはほぼ走行速度と共に大きくなるので、図-2は80 Km/hの場合を示している。形式別による違いは大きくはないが、TYPE-3は3線ケーブルのため、やはりたわみ、曲げモーメント、応力、ケーブル軸方向力共に若干DIFは大きな値をとる。桁の各断面別の応力に関するDIFについて、G点(中向支点上)の値が1台走行において他よりも大きく、側径向での値が中央径向よりも大きくなる。ケーブル列の軸方向力に関するDIFでは、側径向の端支線の付近で大きい傾向がある。塔については、基部におけるDIFが格段に大きい。塔基部断面は地震力により決まるので、DIFの影響は小さい。塔の桁接続上部(I点)のDIF値は基部程で

表-2 斜張橋固有振動数

ORDER	TYPE-3	TYPE-11F	TYPE-11T
1(1次)	0.358	0.351	0.349
2(2次)	0.388	0.376	0.390
3	0.495	0.614	0.652
4	0.734	1.004	1.050
5	1.077	1.178	1.225
6	1.302	1.324	1.305
7	1.670	1.684	1.402
8	2.089	2.107	1.839
9	2.135	2.232	2.340
10	2.344	2.286	2.546

表-3 走行荷重諸元

ばね定数	630.0 t/m
質量	16.0 t
固有振動数	3.1 cps
耐敷減衰率	0.34

はないが、桁、ケーブルに関する値よりも大きく、注目すべきである。桁、塔の応力は、ケーブル軸方向力による成分が曲げ応力に加えられたものとなるが、桁の応力に関するDIFと曲げモーメントに関するDIFを比較すると、中向交点断面を除いて両者の差が小さい。塔の桁接続上部においては両者の差が大きい。これは、着目する塔に接続するすべてのケーブル軸方向力の成分が影響するためと思われる。

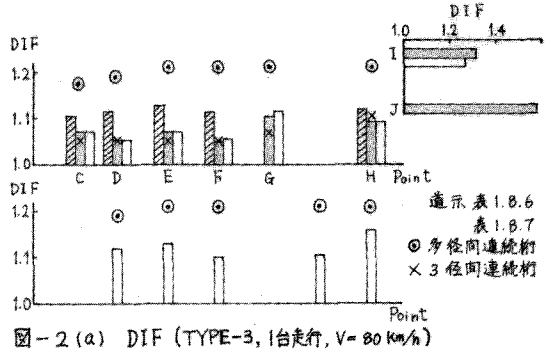
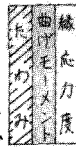


図-2 (a) DIF (TYPE-3, 1台走行,  $V=80 \text{ km/h}$ )

また、道路橋示方書、表1.8.6、表1.8.7により、斜張橋を3径間連続桁として算出した値と比較して、本解析による計算値は、側径間を除いて同程度、又は計算値の方が少し大きくなる。しかし、ケーブル定着点と剛支点とする多径間連続桁として算出した値に比べて遙かに小さい。

(2) 連行荷重 TYPE-11Fについて、荷重が連行する場合(走行速度 $80 \text{ km/h}$ )のDIFの荷重台数による変化の様子を図-3に示す。連行する荷重の車頭間隔に関しては、走行速度によりほぼ決まる最小車頭間隔(例えば、 $80 \text{ km/h}$ では約 $42 \text{ m}$ )、および、橋の対称1次固有周期に等しい車頭間隔時間( $2.657 \text{ sec}$ )の2つのケースを考える。前者において、桁のたわみに関するDIFは荷重台数と共に漸減するが、桁の応力に関するDIFは、1台走行の場合とほぼ同じ値を保つことが分った。後者の場合、中央径間および側径間の中央部においてDIFが大きく現われる。これは、橋の固有振動数が表-2に掲げられるように、対称1次と逆対称1次とで非常に接近しているため、対称または逆対称1次固有振動に共振するためと考えられる。桁の中向交点上断面の曲げモーメントと応力に関するDIFは、上記の2つのケースによる差が大きくなく、また、荷重台数による変化も小さい。塔の桁接続上部については、荷重台数による変化は後者の場合に捉えにくい。

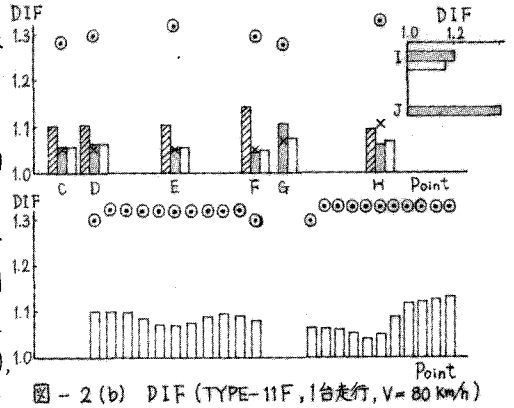


図-2 (b) DIF (TYPE-11F, 1台走行,  $V=80 \text{ km/h}$ )

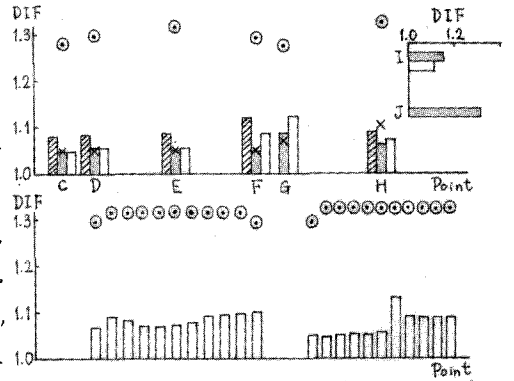
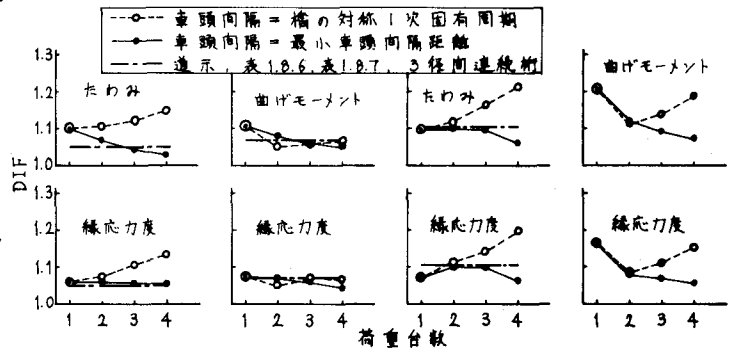


図-2 (c) DIF (TYPE-11T, 1台走行,  $V=80 \text{ km/h}$ )

### (3) ケーブルの局部振動の影響

ケーブルは軸方向の縦振動のみではなく、軸直角方向の横振動も起こすが、3径ケーブルの場合について、ケーブルの横振動を考慮して同様の解析を行うと、DIFに及ぼす影響は小さかった。

参考文献 1)小松, 川谷; 昭和49年度関西支部年次学術講演概要 I-24, 1974.5, 2)小松, 川谷; 土木学会第29回年次学術講演概要 I-216, 1974.10.



(a) 中央径間中央部 (b) 中向交点上断面 (c) 側径間中央部 (d) 塔の桁接続上部

図-3 荷重台数によるDIFの変化 (TYPE-11F,  $V=80 \text{ km/h}$ )