

# 各種構造形式の斜張橋の曲げモーメント、 たわみに関する研究

—尾道大橋のスパン・断面諸量をそのまま用いて—

長谷川 紀夫\*  
成岡 昌夫\*\*

## 1. まえがき

斜張橋の形式としては、大別して、図-1 に示す3つの形式、および、それらを変形したものがすでに設計されている。また、形式のほかに、塔柱側ケーブル取付として、図-2 に示す3つの場合があり、塔柱と桁との交点における相互関係と塔柱基部の状態として、図-3 に示す5つの状態が考えられる。この研究では種々の構造系にすべて適応できる“還元法による斜張橋の解析プログラム”<sup>1)</sup>を用い、図-4 に示す尾道大橋を研究の対象とし

- (1) ケーブルの桁における取付位置の変化
- (2) 形式による変化(図-1)
- (3) ケーブル塔柱側取付条件の変化(図-2)
- (4) 塔柱基部の変化(図-3)

## (5) ケーブル本数の変化

の5種類の構造系の変化において、上記の各項目が

(a) 中央スパン中央の曲げモーメント、およびたわみ

(b) 中間支点上の曲げモーメント、および軸方向力

(c) ケーブル取付位置、および形式の変化に対するケーブルの張力

などにどのような影響をおよぼすかについて研究した。

ここに大要を述べたいと思う。

図-2 塔柱側ケーブル取付の3形式

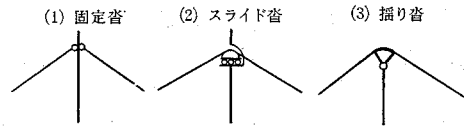


図-3 塔柱と桁との交点の相互関係と塔柱基部の状態

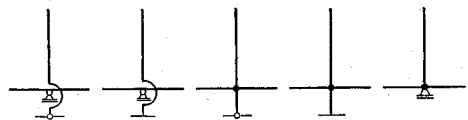


図-1 斜張橋の3形式

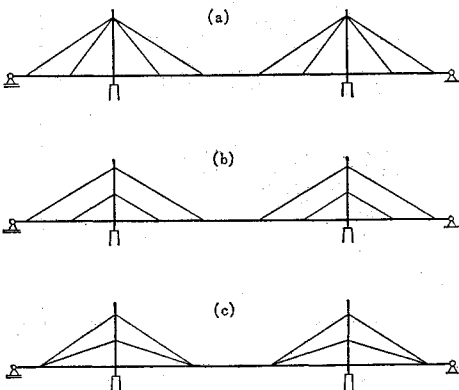
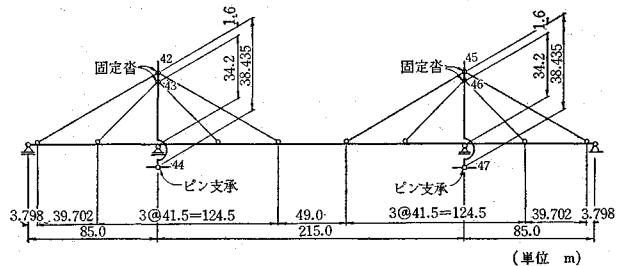


図-4 尾道大橋一般図



\* 正会員 名古屋大学受託研究員・日立造船(株)橋設計課  
\*\* 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学教室

## 2. 断面諸元および荷重

計算に用いる断面諸元としては、表-1 に示す尾道大橋のものを用いた。

比較の対象を明確にするために、つぎのような実際の荷重強度に近い値を載荷し、断面力、および変位量を求めることにした。( ) 内は尾道大橋の設計計算に用いたものである。

(a) 死荷重 : 2.9 t/m (前死荷重 1.642  
後死荷重 1.236)

図-5 桁のケーブル取付点に作用する死荷重

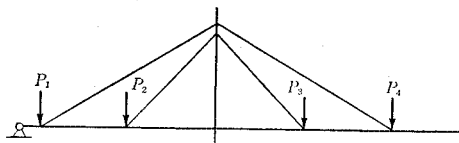
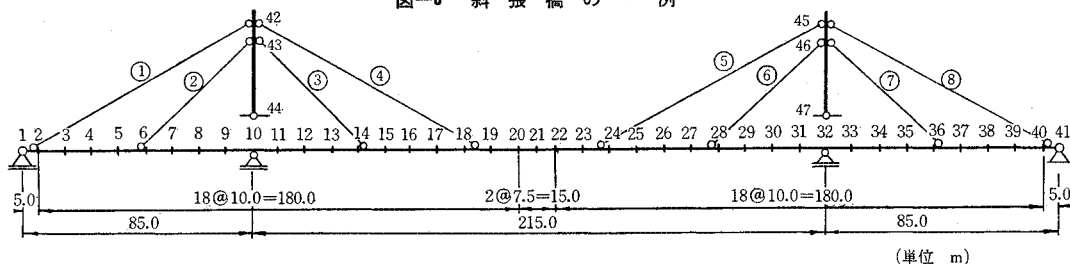


図-6 斜張橋の一例



(単位 m)

(b) 活荷重

線荷重 : 20.0 t (側スパン 21.310  
中央スパン 19.950)

分布荷重 : 1.3 t/m (側スパン 1.471  
中央スパン 1.197)

(c) 桁のケーブル取付点に作用する死荷重 (図-5) :

$P_1 = 9.0 \text{ t (9.080)}$ ,  $P_2 = 8.5 \text{ t (8.543)}$

$P_3 = 8.5 \text{ t (8.517)}$ ,  $P_4 = 9.0 \text{ t (9.275)}$

(d) 衝撃荷重は省略した。

表-1 尾道大橋断面諸元

区分	Area (m <sup>2</sup> )	Moment of Inertia (m <sup>4</sup> )	Modulus of Elasticity (t/m <sup>2</sup> )
Girder	0.14796	0.202406	$2.1 \times 10^7$
Tower	0.08826	0.019730	$2.1 \times 10^7$
Cable-1	0.01388	0	$1.6 \times 10^7$
Cable-2	0.00832	0	$1.6 \times 10^7$
Cable-3	0.00896	0	$1.6 \times 10^7$
Cable-4	0.01224	0	$1.6 \times 10^7$

表-2 ケーブルの桁における取付位置

ケーブル	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Case A 1	4	7	13	16	26	29	35	38
Case A 2	3	6	14	17	25	28	36	39
Case A 3	2	5	15	18	24	27	37	40
Case A 4	1	5	15	19	23	27	37	41
Case A 5	1	5	16	21	21	26	37	41

図-7  $M_{10}$  の影響 (図-6 参照)

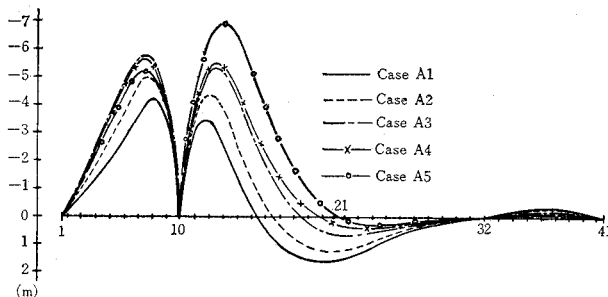
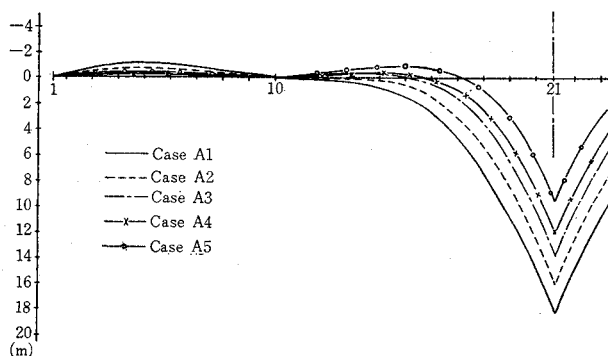


図-8  $M_{21}$  の影響線 (図-6 参照)



## 3. ケーブルの桁における取付位置の変化による影響の研究

図-6 に示すような斜張橋を対象として、ケーブルの取付において、塔柱側の取付を一定にし、それぞれのケーブルの桁側取付位置を表-2 に示す Case A 1 から Case A 5 まで変化させることにした。その他の構造はすべて同一とした。図中に示すケーブルの配置は尾道大橋である。構造の概略はつぎのとおりである。

(1) 主桁の中間点 ②~④⑩, 塔柱の中間点

⑭,⑮ はすべて剛結とする。

(2) 塔頂ケーブル取付はすべて固定柵とし、ケーブルの両端はピン結合とする。

(3) 塔柱基部はピン支承とし、桁とは独立しているものとする。

桁の格点 ⑩ (中間支点上), ⑪ (中央スパン中央) における曲げモーメントの影響線を 図-7, 8 に示し、影響線面積の比較を側スパン外側ケーブル張力  $T_1$ , 中間支点上軸方向力  $N_{10}$  とともに 表-3 に示す。また、荷重を載荷したときの断面力, 変位量を 表-4 に示す。これらの比較より考察すると, Case A 4, および尾道大橋のケーブル配置が桁, およびケーブルについても有効なようである。どちらかというところ, Case A 4 の方がわずかによいようにも思われるが, 実際の設計においては, これらの比較による良否ばかりからでなく, 種々の問題がある。たとえば, 桁におけるケーブル取付位置が支承に近づきすぎると施工上困難となったり, また, ケーブルが長くフラットな勾配のため架設において長さの誤差を生じやすく, 温度変化の影響を受けやすいことなどが問題となる。

以上のことから, Case A 4 のケーブル配置がもっとも適切であるということは, 一概にいえず全体的に見て尾道大橋ぐらいのケーブル配置が妥当のようであろう。

図-9 計算に用いた3つの斜張橋

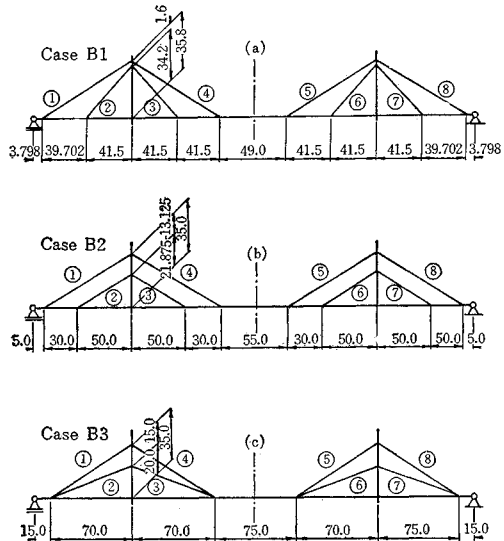


表-3  $M_{10}$ ,  $M_{21}$ ,  $w_{21}$ ,  $T_1$ ,  $N_{10}$  の影響線面積

スパン		1			2			3			1-3		
		(+)	(-)	計	(+)	(-)	計	(+)	(-)	計	(+)	(-)	計
$M_{10}$	A 1	0.000	-187.069	-187.069	133.959	-109.299	24.660	0.000	-16.862	-16.862	133.959	-313.230	-179.271
	A 2	0.000	-231.772	-231.772	94.501	-160.916	-66.415	0.000	-13.535	-13.535	94.501	-406.223	-311.722
	A 3	0.000	-285.228	-285.228	46.146	-246.357	-198.211	0.000	-8.850	-8.850	46.146	-540.435	-494.289
	A 4	0.000	-279.510	-279.510	27.197	-270.999	-243.801	0.000	-5.258	-5.258	27.197	-555.767	-528.570
	A 5	0.000	-257.299	-257.299	20.592	-393.353	-372.761	0.000	-3.625	-3.625	20.592	-654.277	-633.685
	*	0.000	-230.580	-230.580	37.323	-200.978	-163.655	0.000	-5.867	-5.867	37.323	-437.425	-400.102
$M_{21}$	A 1	0.000	-51.905	-51.905	968.215	0.000	968.215	0.000	-51.905	-51.905	968.215	-103.810	864.405
	A 2	0.000	-32.915	-32.915	721.133	0.000	721.133	0.000	-32.915	-32.915	721.133	-65.830	655.303
	A 3	0.167	-13.314	-13.148	524.511	-24.488	500.023	0.167	-13.314	-13.148	524.845	-51.116	473.729
	A 4	0.102	-11.156	-11.054	406.729	-28.181	378.548	0.102	-11.156	-11.054	406.933	-50.493	356.440
	A 5	0.164	-15.825	-15.661	257.341	-72.928	184.413	0.164	-15.825	-15.661	257.669	-104.578	153.091
	*	0.000	-18.498	-18.498	498.846	-6.452	492.395	0.000	-18.498	-18.498	498.846	-43.448	455.399
$w_{21}$	A 1	0.000	-0.065	-0.065	0.544	0.000	0.544	0.000	-0.065	-0.065	0.544	-0.130	0.414
	A 2	0.000	-0.045	-0.045	0.384	0.000	0.384	0.000	-0.045	-0.045	0.384	-0.090	0.294
	A 3	0.000	-0.029	-0.029	0.282	0.000	0.282	0.000	-0.029	-0.029	0.282	-0.058	0.224
	A 4	0.000	-0.023	-0.023	0.267	0.000	0.267	0.000	-0.023	-0.023	0.267	-0.046	0.221
	A 5	0.000	-0.026	-0.026	0.294	0.000	0.294	0.000	-0.026	-0.026	0.294	-0.052	0.242
	*	0.000	-0.026	-0.026	0.292	0.000	0.292	0.000	-0.026	-0.026	0.292	-0.052	0.240
$T_1$	A 1	0.000	-25.150	-25.150	168.321	0.000	168.321	0.000	-9.420	-9.420	168.321	-34.570	133.751
	A 2	0.000	-32.570	-32.570	155.186	0.000	155.186	0.000	-7.930	-7.930	155.186	-40.500	114.686
	A 3	0.000	-36.229	-36.229	137.537	0.000	137.537	0.000	-5.831	-5.831	137.537	-42.060	95.477
	A 4	0.000	-35.791	-35.791	132.954	0.000	132.954	0.000	-5.808	-5.808	132.954	-41.599	91.355
	A 5	0.000	-32.820	-32.820	137.604	0.000	137.604	0.000	-8.613	-8.613	137.604	-41.433	96.171
	*	0.000	-34.801	-34.801	143.121	0.000	143.121	0.000	-6.138	-6.138	143.121	-40.939	102.182
$N_{10}$	A 1	0.363	-6.619	-6.256	0.000	-134.750	-134.750	7.906	0.000	7.906	8.269	-141.369	-133.100
	A 2	0.848	-4.711	-3.863	0.000	-139.625	-139.625	7.533	0.000	7.533	8.381	-144.336	-135.955
	A 3	1.871	-2.182	-0.311	0.000	-142.822	-142.822	6.477	0.000	6.477	8.348	-145.004	-136.656
	A 4	1.520	-2.259	-0.740	0.000	-145.190	-145.190	6.759	0.000	6.759	8.279	-147.449	-139.170
	A 5	0.405	-5.289	-4.884	0.000	-146.963	-146.963	9.946	0.000	9.946	10.351	-152.252	-141.901
	*	0.997	-3.289	-2.292	0.000	-143.803	-143.803	6.502	0.000	6.502	7.499	-147.092	-139.593

注: \*は尾道大橋を示す。

表-4 載荷時における  $M_{10}$ ,  $M_{21}$ ,  $w_{21}$ ,  $N_{10}$ ,  $T_1$  の値

区分	$M_{10}$ (t·m)		$M_{21}$ (t·m)		$w_{21}$ (m)		$N_{10}$ (t)		$T_1$ (t)	
	Dead Load Live Load	計	Dead Load Live Load	計	Dead Load Live Load	計	Dead Load Live Load	計	Dead Load Live Load	計
A 1	-578.881 -480.744	-1 059.625	2 534.945 1 624.494	4 159.439	1.232 0.815	2.047	-406.033 -209.369	-615.402	404.218 250.289	654.507
A 2	-960.185 -627.975	-1 588.100	1 940.419 1 255.286	3 195.705	0.887 0.578	1.465	-416.705 -215.418	-632.123	350.806 231.755	582.561
A 3	-1 492.069 -818.510	-2 310.579	1 429.842 956.039	2 385.881	0.699 0.427	1.121	-425.571 -217.874	-643.445	297.127 206.097	503.224
A 4	-1 558.106 -836.446	-2 394.552	1 113.134 767.516	1 880.650	0.693 0.402	1.095	-434.777 -220.628	-655.406	286.651 198.401	485.052
A 5	-1 876.821 -989.923	-2 866.744	596.470 524.112	1 120.582	0.770 0.440	1.210	-447.315 -224.525	-671.840	304.719 202.466	507.185
*	-1 215.118 -669.439	-1 883.557	1 383.445 911.711	2 295.156	0.742 0.440	1.182	-434.675 -220.156	-652.831	316.623 213.938	530.561

注：\*は尾道大橋を示す。

#### 4. 形式の変化による影響の研究

図-9 (a)~(c) に示す3つの形式の斜張橋に対し、計算を行なった。断面諸元は3つの形式とも同一とし、尾道大橋(図-9(a))のものを用いた。ケーブルの取付条件、および塔柱基部の状態などは、3. の場合と同じである。

桁格点⑩(中間支点上), ⑳(中央スパン中央)における曲げモーメント、およびたわみの影響線を図-10, 11, 12 に示し、影響線面積の比較を表-5 に、また、荷重を載荷したときの断面力、変位量の比較を表-6 に示す。

図-10, 11, 12, 表-6 よりわかるように、Case B1 は Case B2 と比較して、中央スパン中央における曲げモーメント、たわみに関しては大差ないが、中間支点上曲げモーメントに関しては、はるかに有利である。これはケーブル②, ③⑥, ⑦の桁側取付位置の影響もあるが、そればかりともいえない。Case B2 の形式で、ケーブル桁側取付をすべて Case B1 と同じにした場合、Case B2 と比較して、そんなに大きく有利になることもなく、いずれも Case B1 より不利となっている。Case B3 は直感的に見ても、Case B1, B2 と比較して応力的に妥当性がなく、問題にならない。Case B1 と Case B2 のどちらを採用するかは、美観上だけでなく、種々の問題があり、一概には断言できないが、ここで、Case B1 と Case B2 のそれぞれのケーブル張力に関して表-7 のような比較を行なった。表-7 の値は、前と同様に荷重を載荷させたものである。

図-10  $M_{10}$  の影響線 (図-9 参照)

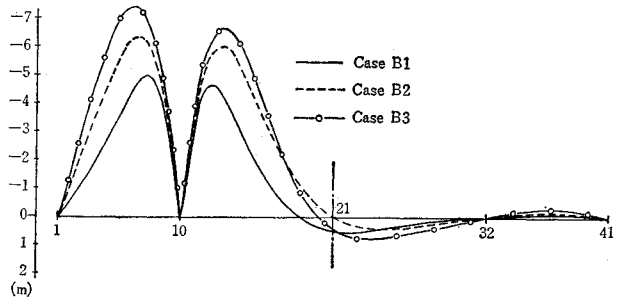


図-11  $M_{21}$  の影響線 (図-9 参照)

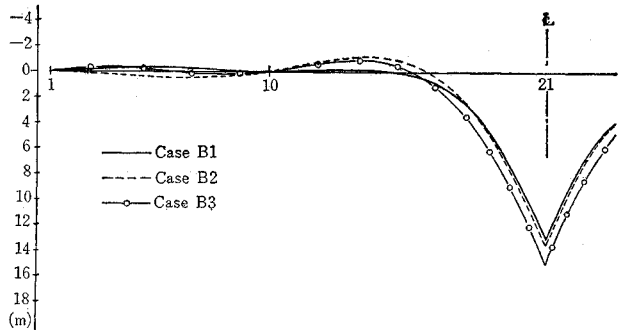


図-12  $w_{21}$  の影響線 (図-9 参照)

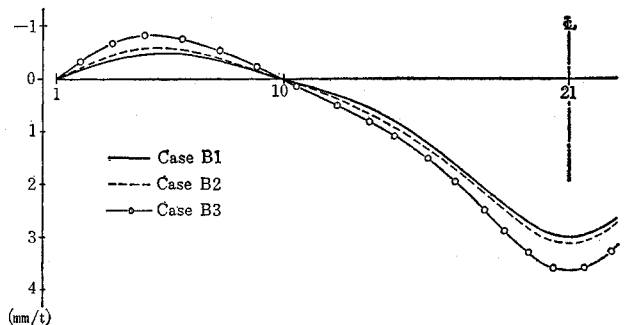


表-5  $M_{10}$ ,  $M_{21}$ ,  $w_{21}$ ,  $N_{10}$  の影響面積

スパン	1			2			3			1-3			
	(+)	(-)	計	(+)	(-)	計	(+)	(-)	計	(+)	(-)	計	
$M_{10}$	B 1	0.000	-230.580	-230.580	37.323	-200.978	-163.655	0.000	-5.867	-5.867	37.323	-437.425	-400.102
	B 2	0.000	-325.056	-325.056	28.007	-330.053	-302.046	0.000	-9.087	-9.087	28.007	-655.109	-627.102
	B 3	0.000	-389.977	-389.977	54.850	-55.893	-301.043	0.000	-16.374	-16.374	54.850	-762.244	-707.394
$M_{21}$	B 1	0.000	-18.498	-18.498	498.846	-6.452	492.395	0.000	-18.498	-18.498	498.846	-43.448	455.399
	B 2	23.390	0.000	23.390	485.847	-85.430	400.417	23.390	0.000	23.390	532.627	-85.430	447.197
	B 3	3.515	-7.789	-4.274	601.029	-60.734	540.295	3.515	-7.789	-4.274	608.059	-76.312	531.747
$w_{21}$	B 1	0.000	-0.026	-0.026	0.294	0.000	0.294	0.000	-0.026	-0.026	0.292	-0.052	0.240
	B 2	0.000	-0.031	-0.031	0.313	0.000	0.313	0.000	-0.031	-0.031	0.313	-0.062	0.251
	B 3	0.000	-0.044	-0.044	0.363	0.000	0.363	0.000	-0.044	-0.044	0.363	-0.088	0.275
$N_{10}$	B 1	0.997	-3.289	-2.292	0.000	-143.803	-143.803	6.502	0.000	6.502	7.499	-147.092	-139.593
	B 2	1.594	-3.410	-1.456	0.000	-161.533	-161.533	5.527	0.000	5.527	7.481	-162.176	-154.659
	B 3	5.395	-0.486	4.908	0.000	-163.690	-163.690	8.372	0.000	8.372	13.767	-164.176	-160.409

表-6 載荷時における  $M_{10}$ ,  $M_{21}$ ,  $w_{21}$ ,  $N_{10}$  の値

	$M_{10}$ (t·m)		$M_{21}$ (t·m)		$w_{21}$ (m)		$N_{10}$ (t)	
	Dead Load	計	Dead Load	計	Dead Load	計	Dead Load	計
B 1	-1 215.118 - 668.439	-1 883.557	1 383.445 911.711	2 295.156	0.742 0.440	1.182	-434.675 -220.156	-652.831
B 2	-1 908.809 - 978.713	-2 887.522	1 346.646 962.783	2 309.429	0.778 0.470	1.248	-482.378 -243.763	-726.141
B 3	-2 129.631 -1 139.140	-3 268.771	1 604.522 1 091.971	2 696.493	0.855 0.545	1.400	-501.116 -246.243	-747.359

表-7 載荷時における Cable 1~4 の張力

(単位 t)

ケーブル	①		②		③		④	
	Dead Load	計	Dead Load	計	Dead Load	計	Dead Load	計
B 1	316.623 213.938	530.561	185.249 99.781	284.832	224.045 129.373	353.418	284.254 151.233	435.487
B 2	324.436 194.099	518.535	211.314 100.333	311.647	218.259 107.007	325.266	319.523 181.451	500.974

表-7 よりわかるように、ケーブルに関しては、2つの Case とも、桁の中間支点上曲げモーメントほどの大差はなく、ケーブル ①, ③ に関しては Case B1 が、ケーブル ②, ④ に関しては Case B2 がそれぞれ大きくなっている。

以上の比較から形式を決めようとするならば、ケーブル張力に大差がなく、 $M_{10}$ ,  $M_{21}$ ,  $w_{21}$ ,  $N_{10}$  の値の小さい Case B1 を採用するのが、曲げモーメント、たわみの点からはよいと思われる。

Case B3 の場合、この比較においては問題とならなかったが、たとえば、2スパンの場合、あるいは、3スパンでも尾道大橋とスパン比の異なる場合に対して設計を試みて、Case B1, B2 と大差ない断面力、変位量を示すならば、この形式を採用するのもおもしろいであろう。

### 5. ケーブルの塔柱側取付条件、および塔柱基部の状態の変化による影響の研究

図-4 に示す尾道大橋を基本系とし、塔柱側ケーブル取付条件、および塔柱基部の状態を 図-13 に示すように変化させ、計算を行なった。

おのおの場合について詳述すると、C1 は尾道大橋であり、C2~C4 は C1 と塔柱側ケーブル取付条件を変化させるのみで、他の条件は基本系と同一である。C5~C8 は塔柱基部を固定支承とし、他の条件は基本系と同一で、ケーブル取付条件を C1~C4 のように変化させる。C9~C12 は塔柱と桁とを剛結にして、C5~C8 と同様にケーブル取付条件を変化させたものである。

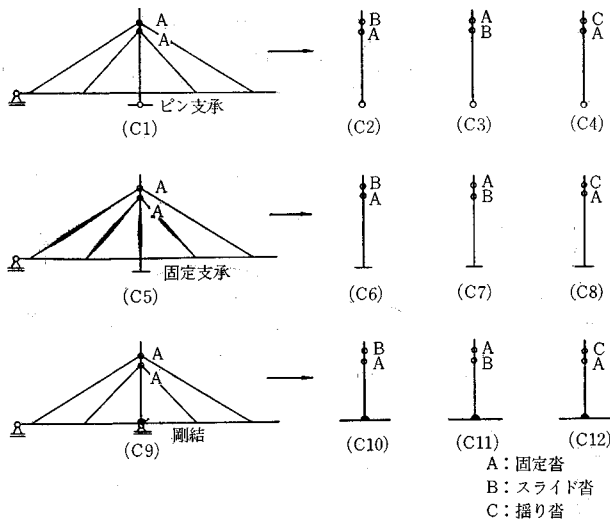
表-8 は、前と同様に、荷重を載荷した場合の  $M_{10}$  (中間支点上曲げモーメント)、 $M_{21}$ ,  $w_{21}$  (中央スパン中

央の曲げモーメント、および、たわみ)、 $T_1$  (ケーブル①の張力)を比較したものである。

ここで、Case C2とCase C3はたまたま一致するが、これは塔柱基部がピン支承で1塔柱に固定沓が1個であるということから生じたものである。また、Case C4についても、Case C2, C3と、ほとんど変わらない。換言すれば、このような斜張橋においては、上を固

定沓、下をスライド沓、または、揺り沓にする場合も、その反対の場合も、得られる値はたいして変わらないということがいえる。しいていえば、塔頂ケーブル取付けにおいて、2個とも固定沓とせず、どちらかをスライド沓、または、揺り沓にしたほうがよいように思われる。Case C5~C8に関しても、得られる値は、Case C1~C4と比較してもそんなに大差ない。しかし、このよう

図-13 計算に際し変化させた取付条件および塔柱基部の状態 (図-4参照)



な構造系においては、塔柱基部を無理に固定支承とし不利な反力を招く必要はないのである。Case C9~C12に関しても、塔柱と桁とを剛結にしたことによる効果は大して見られず、わざわざ複雑な構造にする必要はないと思われる。

以上、Case C1~C12の変化において、このような構造系に関しては、ケーブル塔柱側取付条件、および塔柱基部の状態はそんなに問題とならないことがわかる。しかし、図-1(b)のようなケーブルが平行となり塔柱ケーブル取付沓の間隔が大きい場合は、問題とされよう。この場合は、塔柱の曲げモーメントを消す意味でも、2個のうちどちらか一方をスライド沓、または揺り沓にすべきであろう。また、ケーブル本数が増加した場合、それらの取付けにおいて、どのような状態が最も適切であるかは、種々の組み合わせによる計算を試みる必要がある。

表-8 載荷時における  $M_{10}$ ,  $M_{21}$ ,  $w_{21}$ ,  $T_1$  の値 (図-13参照)

区分	$M_{10}$ (t·m)		$M_{21}$ (t·m)		$w_{21}$ (m)		$T_1$ (t)	
	Dead Load	Live Load	Dead Load	Live Load	Dead Load	Live Load	Dead Load	Live Load
C 1	-1 215.118	- 668.439	1 383.445	911.711	0.742	0.440	316.623	213.938
C 2 (C 3)	-1 210.087	- 680.852	1 291.127	947.877	0.749	0.456	303.901	184.282
C 4	-1 210.298	- 663.292	1 288.374	947.056	0.749	0.456	303.486	183.809
C 5	-1 216.234	- 668.239	1 386.885	914.076	0.739	0.436	314.116	211.452
C 6	-1 211.323	- 671.399	1 297.679	947.522	0.743	0.452	302.333	182.169
C 7	-1 210.605	- 671.664	1 284.087	946.738	0.735	0.454	301.401	182.337
C 8	-1 211.530	- 671.391	1 294.925	946.688	0.743	0.450	301.556	181.707
C 9	-1 207.169	- 672.021	1 382.642	911.497	0.742	0.440	318.831	213.707
C 10	-1 187.646	- 676.289	1 292.236	946.694	0.749	0.456	304.179	184.079
C 11	-1 176.483	- 677.377	1 297.944	939.872	0.745	0.454	304.933	185.624
C 12	-1 187.940	- 670.206	1 289.479	945.869	0.746	0.455	303.363	183.599

## 6. ケーブルの増加による影響の研究

前節までの研究は、尾道大橋を基本系とした3スパン連続桁で、塔柱が2本、そして、ケーブルが8本の場合についての比較であった。それらについては、一応、ケーブルの配置、および構造系についての結論を得た。

本節では、見方を変えて前と同じ3スパン連続桁で塔柱2本をもつ斜張橋に対するケーブル本数はいくらかぐらいが妥当であるか調べることにした。

図-14 D1~D4に示す斜張橋は、それぞれ、12, 16, 20本のケーブルをもち、図のように張られてい

る。塔頂ケーブル取付けはすべて固定査とし、その他の構造条件は尾道大橋と同一である。断面諸元は前節までの比較と異なり、ケーブル本数の増加にとともに、構造系も変化し、断面力なども大きく変化するので、ケーブルの径、および桁の断面値もそれに相応して変化させるべきであるが、一応、便宜上同一とした。

図-15, 16, 17 は、それぞれ、Case D1~D4 に対する中間支点上、および中央スパン中央の曲げモーメント、およびたわみの影響線であり、表-9 にそれらの影響線面積を示す。表-10 は前節と同様に荷重を載荷し、Case D1~D4、および尾道大橋との比較を行なったものである。表-10 よりわかるように、当然のことながら、ケーブル本数の増加とともに、桁の断面力、変位量は減少する。しかし、Case D1 の場合、ケーブル

4本を増加しただけの効果はあまり見られず、中央スパン中央の曲げモーメントにおいては逆に大きくなっている。これは Case D1 のケーブル配置が適当でないために生じたことで、やむをえない。たくさんのケーブルを使っても、中にはあまり効果のなくて遊んでいるような

図-15  $M_{10}$  の影響線 (図-14 参照)

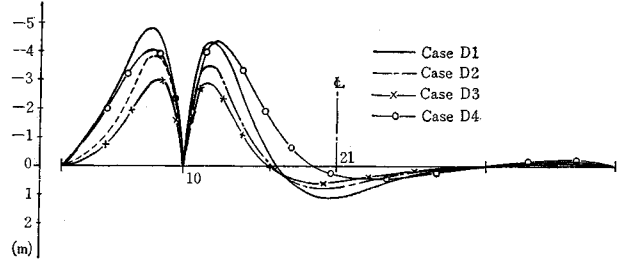


図-16  $M_{21}$  の影響線 (図-14 参照)

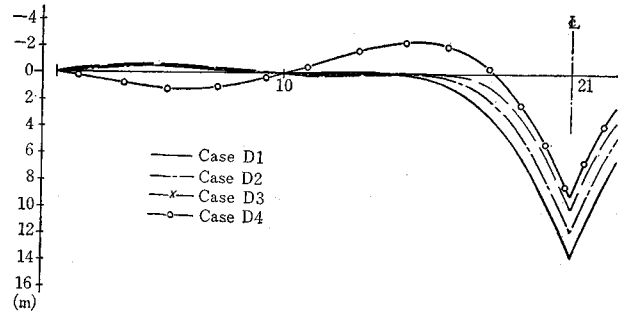


図-17  $w_{21}$  の影響線 (図-14 参照)

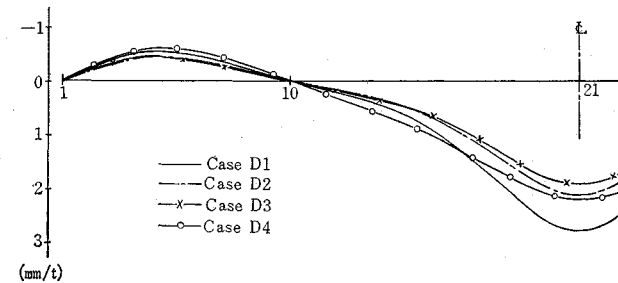


図-14 12, 16, 20, 20本のケーブルをもつ斜張橋

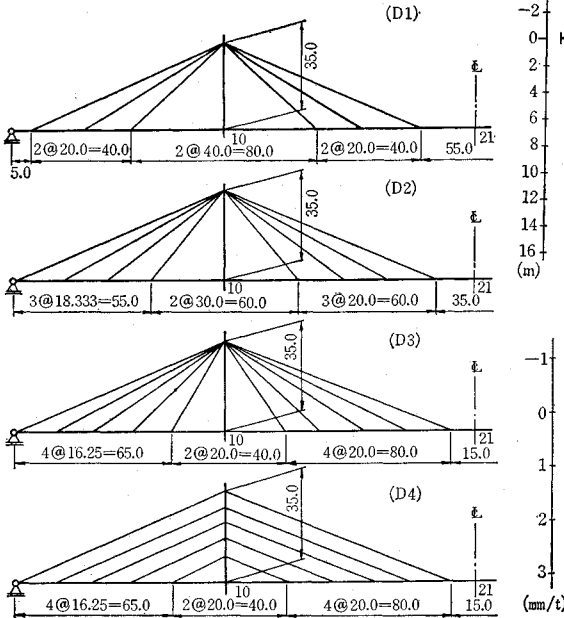


表-9  $M_{10}$ ,  $M_{21}$ ,  $w_{21}$  の影響面積

スパン		1			2			3			1-3		
		(+)	(-)	計	(+)	(-)	計	(+)	(-)	計	(+)	(-)	計
$M_{10}$	D 1	0.000	-214.908	-214.908	75.113	-159.716	-84.603	0.000	-2.918	-2.918	75.113	-377.542	-302.429
	D 2	0.000	-152.596	-152.596	54.847	-117.490	-62.643	0.000	-5.867	-5.867	54.847	-275.953	-211.106
	D 3	0.000	-113.323	-113.323	42.245	-95.629	-53.385	0.000	-4.819	-4.819	42.245	-213.771	-171.527
	D 4	0.000	-187.211	-187.211	35.598	-210.367	-174.769	0.000	-9.793	-9.793	35.598	-407.371	-371.773
$M_{21}$	D 1	0.000	-29.968	-24.968	544.245	-2.122	542.123	0.000	-24.968	-24.968	544.245	-62.058	482.187
	D 2	0.000	-25.306	-25.306	405.882	-0.410	405.472	0.000	-25.306	-25.306	405.882	-51.022	354.860
	D 3	0.000	-30.664	-30.664	317.270	-0.812	316.458	0.000	-30.664	-30.664	317.270	-62.140	255.130
	D 4	62.845	0.000	62.845	224.487	-236.117	-11.630	62.845	0.000	62.845	350.177	-236.117	114.060
$w_{21}$	D 1	0.000	-0.029	-0.029	0.256	0.000	0.256	0.000	-0.029	-0.029	0.256	-0.068	0.198
	D 2	0.000	-0.022	-0.022	0.194	0.000	0.194	0.000	-0.022	-0.022	0.194	-0.044	0.150
	D 3	0.000	-0.022	-0.022	0.182	0.000	0.182	0.000	-0.022	-0.022	0.182	-0.044	0.138
	D 4	0.000	-0.032	-0.032	0.241	0.000	0.241	0.000	-0.032	-0.032	0.241	-0.064	0.177

ケーブルもあり、スパン比、および形式などにもより一概には断定しがたいものである。しかし、少ないケーブルでもその張り方によっては大いに効果を發揮できるものである。

ここで、同じケーブル 20 本を使った Case D3 と Case D4 に対して、荷重（死荷重：2.9 t/m、活荷重：線荷重 20 t、分布荷重：1.3 t/m）を載荷して、桁に生じる最大曲げモーメントについて調べる。図-18 は死荷重に対する曲げモーメント、および活荷重に対する最大曲げモーメント図である。図よりわかるように Case D4 は Case D3 に比較して、中央スパン中央付近における死荷重に対して有利のほか、ほとんどの点において不利である。特に活荷重に対する側スパン、および中央スパン 1/4 点付近において大きな差が見られる。あくまでも桁の断面力、変位量を減少させることを目的としている斜張橋に対して、Case D3 をとる方が妥当であろう。ドイツでは、Rees 橋（2面ザイル、1塔柱 20 本、平行）、Bonn-Nord 橋（1面ザイル、1塔柱 40 本、平行）が架設され異色を放っている。斜張橋に対する経験豊かな国において、このような多数のケーブルを用いた斜張橋が注目されているということは、上記計算による比較とは別問題に、応力集中の緩和、応力的バランス、アンカー設備の単一さ、構造全体の力学的特性からきているようである。

## 7. あとがき

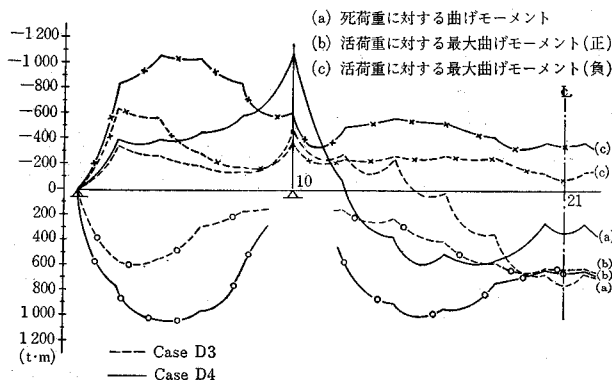
“還元法による斜張橋解析のプログラム”を用いて、尾道大橋を対象として、ケーブルの桁における取付位置、形式、ケーブル塔柱側取付条件、塔柱基部の支持状態をいろいろ変化させた場合、支点上曲げモーメント、スパン中点の曲げモーメント、およびたわみ、支点上軸方向力、ケーブル張力などがどのように変化するかを検討した。その結果、曲げモーメント、たわみからは、尾道大橋の構造形式が適当であろうと思われる。しかし、最適構造形式は、以上の点のほか振動性状、架設、製作

表-10 載荷時における  $M_{10}$ 、 $M_{21}$ 、 $w_{21}$  の値

	$M_{10}$ (t·m)		$M_{21}$ (t·m)		$w_{21}$ (m)	
	Dead Load Live Load	計	Dead Load Live Load	計	Dead Load Live Load	計
D 1	-956.339 -596.369	-1 552.708	1 487.687 981.761	2 496.448	0.621 0.389	1.010
D 2	-696.867 -436.977	-1 133.844	1 111.533 762.519	1 824.052	0.486 0.295	0.781
D 3	-564.426 -338.700	- 903.126	772.690 615.802	1 388.492	0.462 0.273	0.735
D 4	-1 239.036 -617.523	-1 856.559	407.300 641.993	1 049.293	0.591 0.358	0.949
*	-1 215.118 -668.439	-1 883.557	1 383.445 911.711	2 295.176	0.742 0.440	1.182

注：\*は尾道大橋を示す。

図-18 図-17 の D3、D4 に対する載荷時の曲げモーメント図



工費などの総合判断によるべきである。

斜張橋に対しては、文献 2), 3), 4) に示すように、種々の形式が考えられ、このうち、果たしてどのような構造が好ましいものか判断に苦しむこともあろうが、本文はこうした場合に対して多少とも役立つと思われる。また、著者らの解析のプログラムはこのような場合の比較に対して、有用であろうと思う。

## 参考文献

- 1) 成岡・長谷川：還元法による斜張橋の解析，土木学会誌，53-5（昭 43. 5），pp. 59~65
- 2) 田村周平：西ドイツの新しい橋梁について（その 1），道路，1967.6，pp. 32~41
- 3) W. Protte und W. Tross：Simulation als Vorgehensweise bei der Berechnung von Schrägseilbrücken，STAHLBAU，35（1966），S. 208
- 4) Dr. Ing. Arolf Feige：THE EVOLUTION OF GERMAN CABLE-STAYED BRIDGES：AN OVERALL SURVEY，Acier，31（1966），pp. 523~532

（1968.2.23・受付）