

大阪大学工学部 正員 小松定夫
 七阪大学工学部 正員 西村宣男

1. まえがき 道路・鉄道併用吊橋の偏心荷重による変形と応力に関して、文献(1)、(2)において主として解析手法と対稱構せん断剛性の影響について発表し、 $\gamma \geq 10^5$ ton であれば、不利な断面変形や、それに伴う応力が生じないことが明らかになった。今回は、補剛トラスの断面決定に際し、偏心荷重が支配的となる例を示し、これをこれまでの概略設計に使用されてきた、ねじれに用いる慣用計算法の欠陥について述べる。

2. 偏心荷重による変形と応力 本研究で対象としている吊橋は、図1のような複々線鉄道を通断面内に有する併用橋である。本橋連絡橋上部構造設計基準案によると、列車荷重は在来線・新幹線を、複線のみに載荷、また疲労を考慮するとその列車荷重は在来線の単線載荷することになっている。以上の載荷方法を考慮すると、1構面のテーブルおよび主構部材に対しては列車偏心荷重状態が支配的になる。1例として図2-(1)のような載荷状態での主構部材および斜材軸力を比較し、表1に示した。着目点は中間支点aの中央径間側、荷重が偏心している側の主構である。この荷重状態では、道路荷重による支点aのせん断力、曲げモーメントは小さいので、弦材、斜材とも、Case 3のような偏心荷重を最大としたときに最も大きな応力を生ずる。表1の()内はねじりによる応力を示す。他の荷重状態、例えば道路荷重を中央径間左支点寄りに半載した場合などはCase 1のように列車のみ偏心載荷、道路荷重中心載荷した場合が、最大応力を与える。いずれにせよCase 2のような対称載荷が断面設計に対し支配的となることはない。

構構に関して図2-(2)のように、2列車を外側軌道に対向させ、同時に道路荷重を列車と同方向トルクを与えるように中央径間内に載荷して、荷重対向点の部材力を計算した。表2中Aは風荷重を対象として、Moisseffの方法で決められた構構の圧縮抵抗軸力、Bは偏心荷重による最大軸圧縮力である。これまでの吊橋は、構構斜材は風荷重による補剛トラスせん断力に設計される場合が多く、したがって、併用橋では偏心荷重で決まる場所が、中央径間1/4~2/4に現われる。なお支点付近は風荷重で決まる。

3. 変断面の影響 連続補剛トラスを有する場合、中間支点付近の断面力が非常に大きいため、支間部と比較して、支点上の補剛トラス部材断面積は2~2.5倍のものを用いられる。平均的剛性を用いて等断面として計算した場合、疲労に変断面を考慮した場合では、中間支点付近の応力がかなり相違する。荷重載荷方法によって異なるが、変形は5%減少する。これに対し反力20%、弦材力15%、斜材10%、構構斜材10%程度変断面の方が大きくなる。概略計算は等断面で行ってもよいが、変断面とした応力照査が必要である。

表1 主構部材力の比較(連続)

Case	上弦材	下弦材	斜材
1	1894 (272)	-1753 (-131)	-1034 (-288)
2	1623 (0)	-1623 (0)	-746 (0)
3	2035 (358)	-1840 (-165)	-1081 (-336)

表2 横構斜材力の比較(連続)

	250 m	350 m	450 m	550 m
E				
A	248	180	180	180
B	249	255	259	220

単位: ton

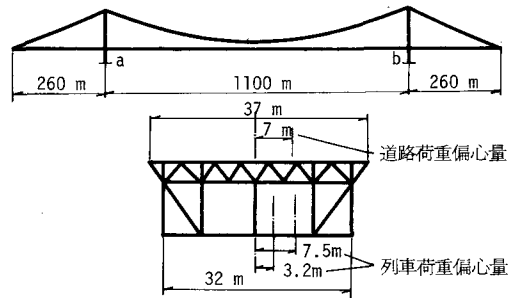


図1 吊橋諸元

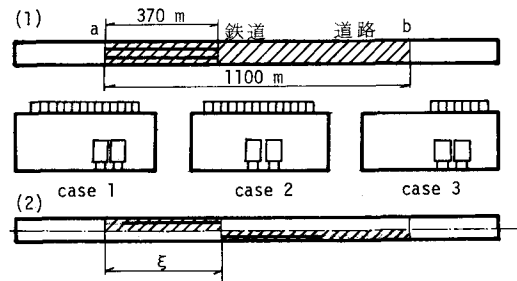


図2 荷重状態

4. 吊橋のねじり解析手法の比較 これまで補剛トラスを有する吊橋の偏心荷重による変形や部材力を計算する場合、慣用的に使用されている手法は (1) 1-0法と称し、補剛トラスのねじり剛性を無視し、横方向の影響線を1-0の三角形に仮定して荷重を両主構面に分配する方法と (2) 偏心荷重を鉛直成分とねじり成分に分離し、鉛直荷重に対しては2次元のわみ理論、ねじり荷重に対してはBleichの換算剛性を用いた解析を行う、2重ね合せの方法がある。筆者が文献¹⁾、²⁾で提案した方法では、鉛直のわみ、ねじれ、断面変形を相互の連成関係を考慮して解析できるが、慣用法(2)と比較するために、鉛直のわみに関する項を省き、 $\delta = 1.5 \times 10^{-5} \text{ton}$ とし、図2-1) case 3の荷重状態を対象として計算を行った。変形および断面力を比較して表3の2ヒンジ吊橋、表4に連続吊橋の値を示す。慣用法(2)と筆者の方法との相違点は、まず、連続吊橋の中間支付近の斜材軸力である。ねじりモーメントは $T = GJ\phi' + abz/bz \cdot w''$ (本法)、または $T = GJ\phi' - EC_w\phi''$ (Bleich) と表わされるが、慣用法では、ねじりモーメントの第1項のみが斜材力に関係するものと考えているところに軸力の差が生じ、現われている。中間支付近では第2項がかなり大きくなる。また筆者らは図3に示すような2次元断面流を考慮して、ねじりモーメントを左右主構面と上下横構面に分配するのに対し、Bleich式は一律せん断流と仮定しているから、全橋を通じて主構斜材、横構斜材力の比が一定になっている。中間支付近では2次元断面流がかなり大きい。また斜材構成によれば、ねじりモーメントの影響が弦材軸力に現われる。図4-Type 1 以外では弦材の一部、または全部が一律せん断流が流れるので、弦材軸力は定式で与えられる。

$$N_c = \pm \frac{M_x}{2L} \pm \frac{M_w}{bh} \pm \frac{T}{2bz} \lambda$$

なお、今回の計算には Type 2 を考慮した。

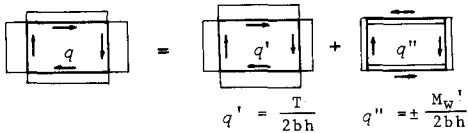


図3 箱断面のせん断流

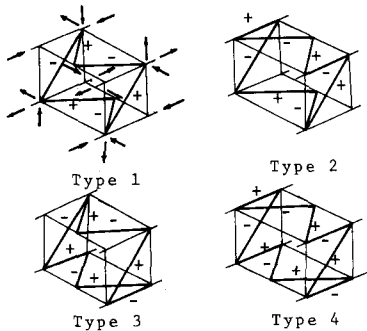


図4 斜材構成 太線は Shear flow の経路を示す

その他、疲労を対象とした偏心荷重、載荷

法、計算手法の比較などは紙面の都合上割愛し、当日申し上げる。

参考文献

1. 小松・西村・平山; 補剛トラス付桁構の変形を考慮した吊橋の3次元解析. 関西支部講演会工-23. 昭和47年
2. 小松・西村; 桁構の変形を考慮した変断面連続吊橋の立体解析. 関西支部講演会工-31. 昭和48年

表3 ねじり荷重による変形と部材力の比較 (2ヒンジ)

着目点	ϕ		T		弦材力		主構斜材力		横構斜材力		
	Bleich	本法	Bleich	本法	Bleich	本法	Bleich	本法	Bleich	本法	
側径間	0.0	0.0	-1.567	-1.594	0.0	-24.9 0.0	-32.1	-42.1	-36.0	-31.8	
	$l_s/2$	-0.527	-0.685	0	0	11.1	12.4 -12.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	l_s	0.0	0.0	1.567	1.594	0.0	24.9 0.0	32.1	42.1	36.0	31.8
中央径間	0.0	0.0	0.0	12.489	10.802	0.0	266.7	251.6	298.8	253.2	
	$l_c/4$	11.794	10.402	1.694	1.317	-44.8	158.8 0.0	37.6	30.0	42.1	31.6
	$l_c/2$	9.275	7.678	-2.397	-2.168	-1.8	-34.3 0.0	-53.2	-47.7	-59.6	-54.4
側径間	$3l_c/4$	4.989	3.965	-2.827	-2.369	-1.8	-37.8 0.0	-62.7	-52.8	-70.3	-58.2
	l_c	0.0	0.0	-3.248	-2.450	0.0	38.3 0.0	-71.6	-53.8	-80.3	-61.0
	0.0	0.0	0.0	-1.567	-1.594	0.0	-24.9 0.0	-32.1	-42.1	-36.0	-31.2
側径間	$l_s/2$	0.527	0.685	0	0	11.1	12.4 -12.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	l_s	0.0	0.0	1.567	1.594	0.0	24.9 0.0	32.1	42.1	36.0	31.8

表4 ねじり荷重による変形と部材力の比較 (連続)

着目点	ϕ		T		弦材力		主構斜材力		横構斜材力		
	Bleich	本法	Bleich	本法	Bleich	本法	Bleich	本法	Bleich	本法	
側径間	0.0	0.0	0.0	-1.859	-1.924	0.0	-30.1 0.0	-37.9	-50.2	-42.5	-39.0
	$l_s/2$	-0.860	-0.908	-354	-165	13.5	15.5 -13.9	-7.8	-3.5	-8.7	-4.2
	l_s	0.0	0.0	729	926	365.9	180.0 -165.5	146.9	-14.6	164.7	62.2
中央径間	0.0	0.0	0.0	13.160	12.230	366.2	355.6 -165.5	147.2	336.5	164.9	228.8
	$l_c/4$	11.550	10.340	1.855	1.267	-45.2	180.0 -165.5	41.2	28.9	46.1	30.4
	$l_c/2$	9.261	7.368	-2.328	-2.277	-2.1	-35.9 0.3	-51.6	-49.3	-57.9	-56.9
側径間	$3l_c/4$	5.009	3.632	-2.853	-2.221	-2.1	-35.0 0.3	-63.3	-48.7	-70.9	-55.5
	l_c	0.0	0.0	-3.442	-2.187	66.6	41.7 -7.5	-51.4	-49.2	-57.6	-53.2
	0.0	0.0	0.0	-1.364	-1.689	66.5	33.9 0.3	-51.3	-43.6	-57.6	-34.9
側径間	$l_s/2$	-0.637	-0.750	64	42	13.4	15.3 -13.6	1.4	1.4	1.6	-0.5
	l_s	0.0	0.0	1,570	1,795	0.0	38.0 0.0	31.5	48.2	35.3	35.0