

佐友重機械工業K.K 正買 〇北 原 俊 男
佐友重機械工業K.K 長 内 宏 司

1. まえがき

これからの橋梁構造は、経済性のみならず美観的に優れた形式が求められるものと考えられる。このよう時代の流れの中で、ここ数年未長大橋梁形式として関係者の関心を集め、一部の関係者に吊橋より優れていると言われている、桁をケーブルで補剛した斜張橋は架橋地によってその特性を發揮し、今後比較的多く架橋されるものと筆者は考えている。

今日までに架橋された斜張橋を中心に研究され、さらに今後研究されるべき問題点を列記するならば、桁に生ずる軸力、ケーブルの桁への定着方法および定着部の応力集中、耐風安定性、耐震安定性そして高次振動による材料疲労等の問題が上げられる。これらの問題の多くは架橋にあたって、それぞれ検討されているが、一般には基本設計計画において参考とすべき定性的結論を得るため、多くの研究者によって研究が行われている。これらの研究のうちで、構造特性に関する研究は、主桁とタワーとケーブルの各種組み合わせによる特性研究と構造系を一定として断面性能による研究に分けられるものと考えられる。今報告にわいては、前者の研究に相当する、斜張橋に生ずる軸力を解消する方法として、斜張橋の桁は連続であるという観念を脱却して桁にゲルバー構造(図-1)を取り入れることを提案し、その構造系の静力学的特性と動力学的特性について数値計算をもつて検討を行ったものである。

2. 解析方法の概要と仮定

構造解析および固有値解析はトランスファマトリックス法を応用した応力と変位の混合法による。斜張橋解析のために作成した汎用プログラムを用いて行った。静力学の解析にあたっての仮定は、(1)微小変位弾性論に基づくものとする。(2)変形によるケーブルと桁、すなわち、タワーとの交角の変化は無視する。(3)ケーブルのサグによる伸びは無視する。(4)ケーブルと桁およびタワーの接合点は各部材の軸線との交点とする。また固有値・固有波形解析にあたっての仮定は前記以外に、(1)振動は線形振動である、(2)桁およびタワーの格点には質量が集中して質量点系構造物である。(3)格点変位は格点独立な正弦関数で表わされる。(4)振動は微小変位弾性論の範囲内で挙動するものとする。(5)ケーブル質量およびケーブル自身の局所振動は無視する。

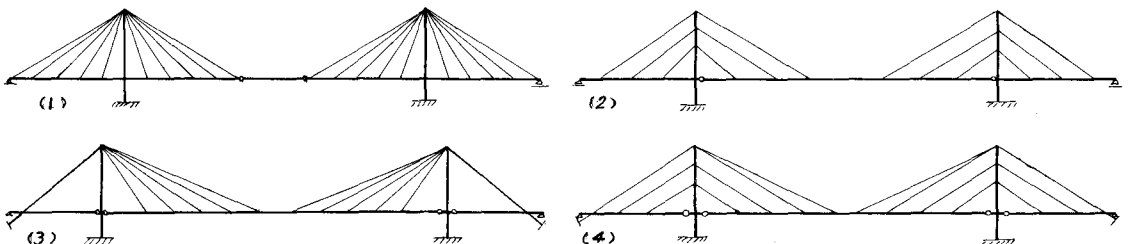


図 - 1

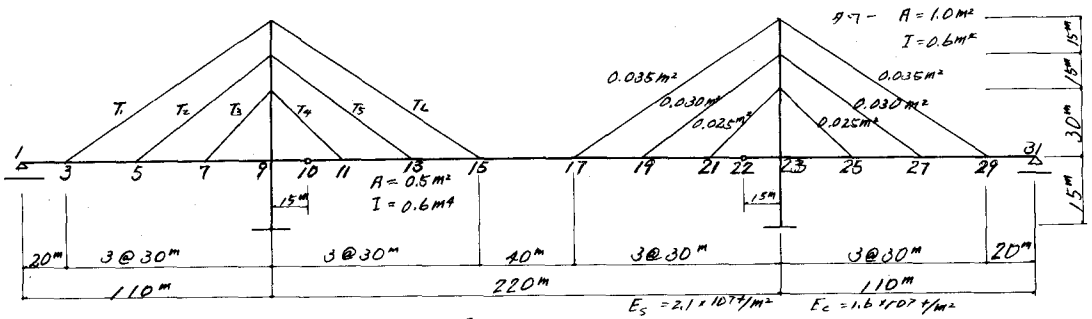


図-2

3 静力学的検討

今回の数値計算においては、ゲルバー形式を斜張橋に取り入れる場合、どのような力の流れが変わるか次のTYPEについて、その挙動を考察した。なお、構造の基本スケルトンおよび断面性能は図-2に示した。

Type-1; 桁格点9, 23に塔と剛接。桁格点10, 22にピン結合。桁格点22, 20にロー結合。

Type-2; 桁格点9, 23に塔と剛接。桁格点10, 22に剛接。

Type-3; 桁格点9に塔とピン結合。桁格点23に塔とロー結合。桁格点10, 22に剛接。

図-3においては、等分布荷重載荷の場合の桁曲げモーメント図、軸力図を示した。この結果、

基本スケルトンおよび断面決定上支配的となる中央径間をゲルバー構造にすることによりType-2が優れていると判断できる。また中央径間にType-1, Type-3とも負の曲げモーメントが生じた。これはケーブル配置その地による原因と考えられ、ゲルバー構造を取り入れた結果によるものと考えられる。軸力について考えると、Type-1の中央径間中央で張力が生ずる。このこと、ケーブル⑥と⑦または⑤と⑧を連続して斜張橋の剛性を上げているのと同様の効果があると考えられる。さらにType-1の塔支点で軸力が零または零に収斂することと合せて考えれば、鋼材を張力材として使うことになる。表-1には、上記荷重状態のケーブル張力について示した。Type-1は、他のTypeよりケーブルを通して流れる張力が大きいことを示した。

図-4においては、Type-1, 2について桁格点の曲げモーメント影響線を示した。これらの影響線から判断すると集中荷重に対して、Type-1の中央径間が多少劣るが逆に中央径間が優れる傾向を示している。またゲルバー部での不連続性以外で桁全体の曲げモーメントの流れはType-1とType-2と同一傾向をもっていると考えられる。

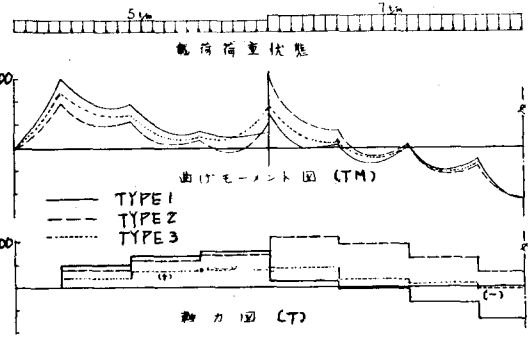


図-3

	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3
T_1 (t)	562.0	449.2	494.4
T_2 (t)	252.5	250.0	248.5
T_3 (t)	129.1	166.8	110.9
T_4 (t)	235.7	212.9	261.3
T_5 (t)	379.8	365.8	369.6
T_6 (t)	440.4	387.4	394.2

表-1

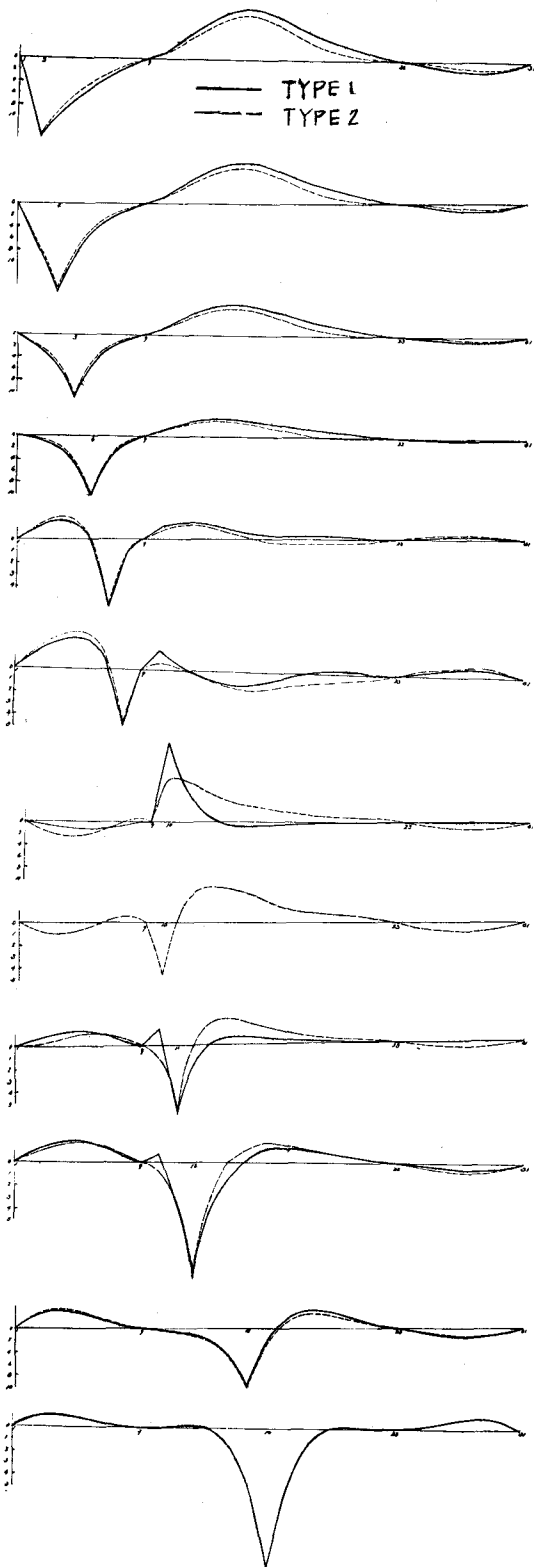


図-4 曲げモーメントの影響線

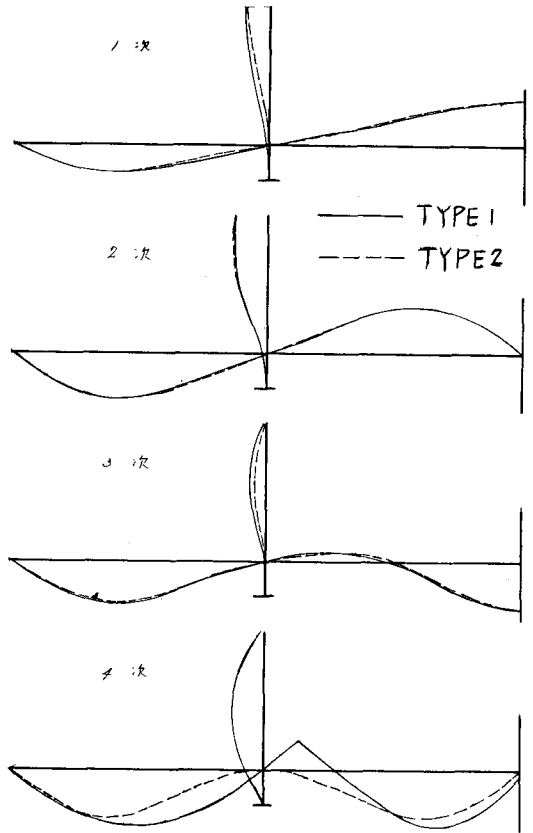


図-5 固有振動モード

	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3
1次振動	0.6414	0.7390	0.6547
2次振動	0.9776	0.9814	0.9530
3次振動	1.8296	1.8335	1.7142
4次振動	1.9244	2.1314	2.1314
5次振動	2.3958	2.5411	2.4360
6次振動	2.9349	3.0776	3.0032

表-2 単位 %sec

以上の静的力の流れからはゲルバー構造は圧縮力を解消でき、中央径間部材を張力場で使用でき、注目にあいすると思われる。

4. 固有値・固有波形の検討

斜張橋は吊橋同様耐風安定性、耐震安定性について検討を行わねばならない。この動的性状分析に構造系により決まる固有振動数と固有振動モードの検討が重要となる。前述の3-Type

に対する固有振動数と固有振動モードによる検討を行った。

図-5に示す、Type-1, 2に対する固有振動モードを示した。1~3次振動モードは両者のモードにあまり変化のないことは特に注目すべきかと思う。また、表-2には3-Typeの固有振動数の比較を示した。これらの結果よりゲルバー構造を取り入れた場合の振動特性は他のTypeより多少劣る。しかし、ゲルバー構造を取り入れた斜張橋は実用上可能と判断できる。

5. むすび

ゲルバー構造を取り入れることは軸力の流れを変え、比較的優水は橋梁形式でよいかと思う。また側径間の中央径間側への物動、側径間桁の軸力を解消するために、桁端にケーブル張力を作用させることも一案かと考えている。この場合のケーブル定着に関する経費は吊橋のケーブル定着より少なくなるだろう。また耐風安定性について、吊橋同様重要な検討事項であるが、橋を崩壊に導く振動は低次振動であり、今回の数値研究でゲルバー構造を取り入れるも特別に不利は行わなかった。筆者が図-1の(1)に示したタイプで風洞実験を行ったが、ゲルバー点を固結した場合より多少耐風性に劣るのみであった。

以上の結果、ゲルバー部を斜張橋の中に取り入れることが実用上可能であると考え、ここに提案しにわけである。