

剛節トラスの斜材の影響について

徳島大学工学部 正員 星 治雄

見嶋弘行

横田健一

三井造船株式会社 正員 安芸佐夫

1 まえがき

剛節構造は多くの不静定次数を持つため、従来慣用計算法により解析していたが、最近の電子計算機の実用化に伴ない、立体的な実状に適合した解析を行なうことが出来るようになった。

そこで著者は、平行弦立体、及び平面ワーレン型構造と、ワーレン型立体、及び平面剛節トラス構造と例にとり、変形法により釣合方程式を立て、係数行列を作成し、この係数行列を電子計算機によって解き、影響係数を算出した。この影響係数より各構造の立体と平面との断面力を比較した場合、横桁の荷重配分作用がみられ、また斜材が撓み、および応力度に大きく影響するので報告する。

2 断面形状、および寸法

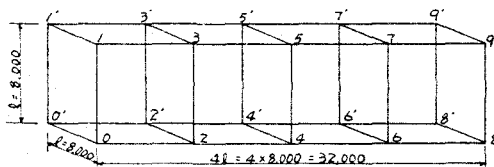


Fig 1

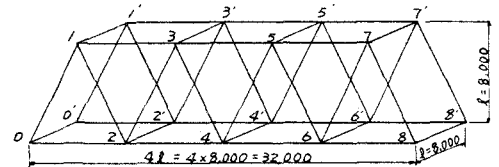


Fig 2

形状は上図のごとく平行弦ワーレン型構造、およびワーレン型剛節トラス構造である。

いづれの構造においても上弦材、下弦材の格間長、横桁、および構高を8,000とする。また各部材の断面形は箱形断面とし、この構造の部材全断面を、断面積、 0.0156 m^2 、断面2次モーメント、 $0.39572 \times 10^3 \text{ m}^4$ 、捩り剛性、 $4.804839 \times 10^3 \text{ t.m}^2$ 、曲げ剛性、 $8.310120 \times 10^3 \text{ t.m}^2$ とする。

3 計算結果

変形法により釣合方程式を立て、各変形量の係数行列を機械的に作表し、その逆行列を電子計算機によって解き変形量を求めた。この場合、平行弦立体ワーレン型構造は104元、同じく平面は27元、ワーレン型立体剛節トラス構造は92元、同じく平面は24元となった。

変形量より各構造の断面力の影響係数を求めたが、計算結果は次の通りである。

a) 平面ワーレン型構造とワーレン型平面剛節トラス構造との比較

i) 撓み

表-1より格点2,4,6に $P=1\text{t}$ を載荷したときのワーレン型構造の撓みは、剛節トラス構造に対して37~40倍大きくなっているが、この原因として、斜材をもたない構造の曲げモーメントとせん断力は、斜材を有する構造のものより100倍程度大きくなっている。

また軸方向力は、逆に斜材のある方が2倍位大きくなっている。すなわち、撓みに拘しては、斜材をもたないワーレン型構造は、垂直荷重に対して、下弦材の曲げ剛性を2倍にした単純梁のような動きをし、荷重をほとんど曲げ抵抗によって、受けとめているものと考えられる。

表-1

部材	(a) 斜材を有する構造	(b) 斜材をもたない構造	(b)/(a)
2	2.1408 (mm)	80.879 (mm)	37.8
4	2.9356 (°)	115.782 (°)	39.4
6	2.1408 (°)	80.879 (°)	37.8

表-2

部材	(a) 斜材を有する構造	(b) 斜材をもたない構造	(b)/(a)
0-2	32.872 (°)	119.214 (°)	-3.63
2-0	72.892 (°)	211.580 (°)	2.90
2-4	114.664 (°)	79.671 (°)	0.70
4-2	126.720 (°)	189.507 (°)	1.50

ii) 部材応力度

表-2は両者の部材応力度の比を表わしたもので、支間の中央へ行くに従って、小さくなっている。また、0-2部材において、比較の値が負符号となっているのは、斜材をもたない構造の0-2部材は、圧縮を受けるのに対し、斜材を有する構造は引張を受けている。これはワーレンディール構造は、ラーメン構造であり、剛節トラス構造は単純トラスのような構造と考えられ、斜材の影響が明らかに表われているものである。

b) 平行弦立体ワーレンディール構造とワーレン型立節トラスとの比較

表-3

部材	(a) 斜材を有する構造	(b) 斜材をもたない構造	(b)/(a) ×100
2	0.2087 (mm)	6.0025 (mm)	3.5
4	0.2859 (°)	8.4913 (°)	3.4
6	0.2088 (°)	6.0031 (°)	3.5
2'	0.0050 (°)	2.0859 (°)	0.2
4'	0.0070 (°)	3.0867 (°)	0.2
6'	0.0048 (°)	2.0847 (°)	0.2

表-4

部材	(a) 斜材を有する構造	(b) 斜材をもたない構造	(b)/(a)
0-2	4.472 (°)	15.262 (°)	3.41
2-0	4.545 (°)	14.928 (°)	3.28
2-4	10.742 (°)	15.818 (°)	1.47
4-2	10.761 (°)	14.931 (°)	1.39
4-6	10.834 (°)	12.874 (°)	1.19
6-4	10.810 (°)	13.494 (°)	1.25
6-8	4.761 (°)	15.969 (°)	3.35
8-6	4.688 (°)	15.299 (°)	3.26

i) 撓み

剛節ワーレン型トラス構造の撓みは、ワーレンディール構造の3.4%～3.6%とより、曲げモーメントと共に非常に小さくなる。また、2,4,6号の撓みをみると斜材をもたない構造は、2,4,6号の35%程度の撓みを生ずるのに対し、斜材を有する構造は、2,4,6号のわずか2%位の撓みしか生じない。これは、ワーレンディール構造は横桁による荷重配分が大きいが、剛節トラス構造は、ほとんど行なわれていないと考えられる。

ii) 部材応力度

各構造の部材応力度比を、対応する下弦材について比較すると、表-4より、斜材をもたない構造の部材応力度は、斜材を有する構造よりはるかに大きくなり、両端の下弦材においては、斜材を有する構造の3～4倍になる。この応力は平面の場合と同様、ワーレンディール構造ではほとんど曲げモーメントによるものであり、また剛節トラス構造では、ほとんど軸方向力によるものである。

c) 平面ワーレンディール構造と立体ワーレンディール構造との比較

荷重2,4,6号に同時に $P=1t$ が作用した場合の各荷重の撓み、および部材応力度の、平面構造に対する立体構造の比率をみると、まず、撓みに関しては、表-5より、両端支1,9号ではほとんど変化しないが、中間支では26%～27%の減少がみられ、その減少は中央支に近づくに従って、小さくなる。軸方向力は、鉛直材においてはほとんど差がみられないが、上弦材では25%～30%、下弦材では40%の減少がみられる。

曲げモーメントは上弦材、下弦材、鉛直材ともに減少の割合は20%～30%の減少がみられる。

以上のことより、立体に於ける挠み、および断面力は、平面の場合より減少しているが、これは3-(b)-(i)で述べた様に、横桁による荷重配分が大きくな行なわれているものと考えられる。

表-5

	(a)平面構造	(b)立体構造	(b)/(a)
1	0.0182 (mm)	0.0175 (mm)	96.2 %
2	8.0879 (°)	6.0025 (°)	74.2 .
3	8.0757 (°)	6.0104 (°)	74.4 .
4	11.5781 (°)	8.4913 (°)	73.3 .
5	11.5659 (°)	8.4792 (°)	73.3 .

表-6

	(a)平面構造	(b)立体構造	(b)/(a)
1	0.1118 (mm)	0.1084 (mm)	96.9 %
2	0.2141 (°)	0.2087 (°)	97.5 .
3	0.2644 (°)	0.2571 (°)	97.2 .
4	0.2936 (°)	0.2859 (°)	97.4 .
5	0.2141 (°)	0.2573 (°)	97.3 .

(d) ワーレン型平面剛節トラス構造とワーレン型立体剛節トラス構造との比較

図表2.4.6に同時に $P=1t$ が作用した場合の各格点の挠みは、表-6より平面構造と立体構造においてほとんど差はない。また、軸方向力に因しても立体構造と平面構造では差は少なく、荷重配分作用が余り行なわれていないとみなされる。むしろ上弦材、下弦材では曲げモーメントに因しては立体構造の方が大きくなる傾向にある。

4. 結言

斜材をもたない平行弦ワーレンティール構造と、腹材として斜材を有するワーレン型剛節トラス構造において、前者は、垂直荷重をほとんど曲げ抵抗によって受けとめ、後者は、軸方向力によって受けとめている。この場合、ワーレンティール構造は、ワーレン型剛節トラスに較べて、挠み、および部材応力度、共に大きくなり、著者らが採用した断面では、前者が後者より不経済なものとなる。

ワーレンティール構造が荷重配分が良いのは、横桁の数にもよるが、同じ断面の横桁を用いた場合、挠み、および部材応力度が大きくなると、荷重配分作用も大きくなる傾向がある為と考えられる。

また、各構造の平面構造と立体構造とを比較した結果、ワーレン型立体剛節トラス構造においては平面構造の立体的組合せとしても、ほとんどその値を変えないが、ワーレンティール構造においては、荷重配分作用が大きく、従来の横用計算法による値とは相当の差異を生じる。

参考文献

- (1) 星 治雄 桁橋の変形、および応力の解析とその適用に関する研究 学位論文 昭和34年
- (2) 成岡昌夫
児嶋弘行 変形法による、リブアーチの解法 工学会誌 46巻 10号
山本知弘
- (3) 吉町太郎一 鋼橋の理論と計算 昭和29年11月 石崎書店
- (4) 西垣久寛 マトリクスとその応用 昭和31年6月 コロナ社
- (5) 日本電気株式会社 NEAC-2203電子計算機説明書