

I-34

縦断勾配を有する斜角格子桁橋の
固有振動解析

北海道大学工学部 正員 林 川 俊 郎
北海道大学工学部 正員 渡 辺 昇

1. まえがき

昭和63年度札幌市内の住宅地において、泥流対策の一環として下藤野1号橋が架設された。本橋は野々沢川流路と道路との線形上の制約から、中央部の橋長が31.5m、斜角が右22°および左45°という鋭い斜角をする斜角格子桁橋である。また、下藤野1号橋は図-1に示すように、6%という大きな縦断勾配を有する構造形式となっており、主桁と横桁との組み方が直角をなす、いわゆる斜角直交格子桁構造である。さらに、横桁には荷重分配性能を低下させず、主桁との取り付けを容易にするために、分配対横桁が用いられている。本橋の主桁はI形断面であるため、横荷重に十分抵抗できるように、また、構造物全体の剛性を確保するために、下横構が設けられている^{1), 2)}。

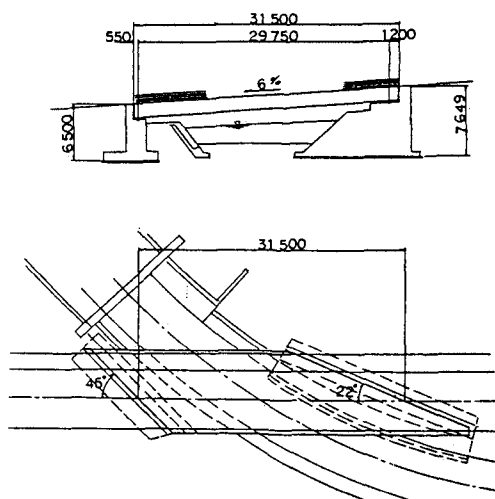


図-1 下藤野1号橋の一般図

このような縦断勾配を有する斜角直交格子桁橋の固有振動数には、幾何学的な骨組み形状、横構の有無、

および各主桁部材の曲げ剛性、ねじり剛性、曲げねじり剛性等の影響が予想される。そこで、本研究はこれらの因子の影響について検討し、その寄与の割合について調べたものである。

2. 固有振動解析

斜角格子桁橋は、軸変形、面内および面外の曲げ変形、ねじり変形、そり変形を受ける骨組部材より構成されている。すなわち、図-2に示す骨組部材は、立体ラーメン部材として取り扱われ、本研究では曲げねじりを考慮した3次元

固有振動解析が行われる。

また、縦断勾配の影響を無視した平面格子桁としての固有振動解析も比較のため行われる。質量マトリックスとしては集中および整合質量マトリックスを用い、一般的な固有値問題として数値計算を行う。

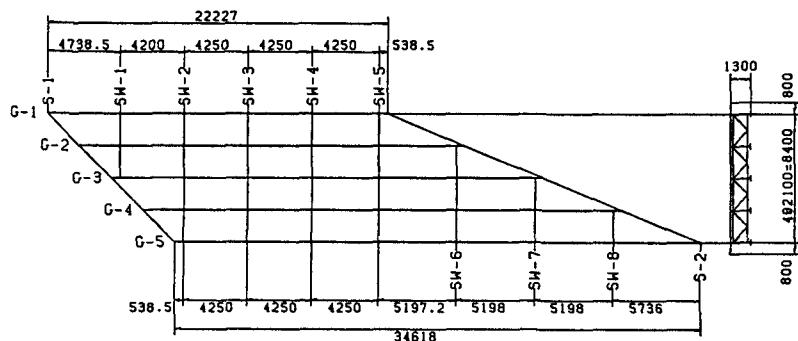


図-2 下藤野1号橋の骨組形状

Natural Vibration Analysis of Skew Grillage Girder Bridges with Longitudinal Slope

By Toshiro HAYASHIKAWA and Noboru WATANABE

3. 斜角格子桁橋の断面諸元

図-2に示した端横

表-1 縦断勾配による斜角格子桁橋のZ座標値(鉛直成分,mm)

構S-1をZ座標の基準線に選ぶと、各主桁と横桁との交点における縦断勾配による鉛直成分の座標値は表-1の通りである。ここで

	S-1	SW-1	SW-2	SW-3	SW-4	SW-5	SW-6	SW-7	SW-8	S-2
G-1	0	313	579	835	1075	1305				1334
G-2	0	175	449	715	968	1208	1491			1520
G-3	0	36	317	593	857	1109	1401	1677		1705
G-4	0		181	468	744	1008	1313	1597	1864	1891
G-5	0		38	340	631	907	1225	1520	1794	2077

最大鉛直座標値は、主桁G-5の右支点S-2における2.077mである。なお、死荷重によるキャンバー量は高々0.116mであり、この斜角格子桁橋では縦断勾配が支配的であることがわかる。

主桁、横桁、端横桁および横構の平均化された各断面諸元が表-2に示されている。ここで、Aは各部材の断面積、 I_y と I_z はそれぞれY軸、Z軸に関する断面二次モーメントである。 J_t はねじり定数、 C_w は曲げねじり定数、 m は単位長さあたりの部材の重量である。なお、ここでは断面の形状からして、横桁、端横桁、および横構の I_z 、 J_t 、 C_w の断面諸元は小さいものとして無視している。

表-2 斜角格子桁橋の各桁部材の断面諸元

Beam members	Structural properties					
	A (m ²)	I_y (m ⁴)	I_z (m ⁴)	J_t (m ⁴)	C_w (m ⁶)	m (t/m)
Main girder : G-1	9.604×10^{-2}	2.366×10^{-2}	2.765×10^{-2}	6.822×10^{-4}	2.556×10^{-4}	3.225×10^0
Main girder : G-2~4	9.604×10^{-2}	1.805×10^{-2}	2.765×10^{-2}	7.598×10^{-4}	1.816×10^{-4}	1.564×10^0
Main girder : G-5	9.604×10^{-2}	2.381×10^{-2}	2.765×10^{-2}	3.594×10^{-4}	3.426×10^{-4}	2.007×10^0
Transverse beam	5.268×10^{-3}	1.159×10^{-3}	0.0	0.0	0.0	1.969×10^{-2}
End transverse beam	1.170×10^{-2}	1.559×10^{-3}	0.0	0.0	0.0	9.185×10^{-2}
Lateral bracing	2.634×10^{-3}	2.527×10^{-3}	0.0	0.0	0.0	2.068×10^{-2}

4. 数値計算結果

整合質量法により計算された1次から12次までの固有周期が表-3に示されている。まず、主桁の曲げねじり剛性を考慮した場合の斜角格子桁橋の固有周期は、無視した場合に比較してやや大きい値になっている。平面解析の場合にはやや小さい値になっている。いずれにしても、主桁の曲げねじりが全体の固有振動数に与える影響

表-3 計算された斜角格子桁橋の固有周期(秒)

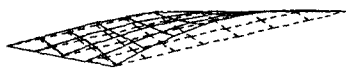
は比較的小さいことがわかる。また、縦断勾配を考慮した立体固有振動解析結果は、平面解析結果のものと比較して、ほとんどその差異がないことがわかる。したがって、本橋の場合においては、縦断勾配が固有振動数に与える影響は小さいものと考えられる。

Mode order	Non-lateral bracing				With-lateral bracing			
	Space frame		Plane frame		Space frame		Plane frame	
	ECw≠0	ECw=0	ECw≠0	ECw=0	ECw≠0	ECw=0	ECw≠0	ECw=0
1	0.4094	0.4040	0.4082	0.4095	0.3726	0.3686	0.3718	0.3737
2	0.2215	0.2182	0.2193	0.2202	0.2039	0.2014	0.2030	0.2041
3	0.1292	0.1220	0.1278	0.1281	0.1241	0.1178	0.1237	0.1243
4	0.1089	0.1072	0.1080	0.1079	0.0969	0.0969	0.0958	0.0963
5	0.1072	0.0990	0.0705	0.0702	0.0962	0.0884	0.0661	0.0657
6	0.0712	0.0650	0.0639	0.0613	0.0664	0.0612	0.0612	0.0585
7	0.0641	0.0595	0.0617	0.0584	0.0613	0.0562	0.0591	0.0545
8	0.0638	0.0555	0.0540	0.0494	0.0593	0.0531	0.0501	0.0464
9	0.0555	0.0521	0.0501	0.0476	0.0531	0.0471	0.0445	0.0438
10	0.0544	0.0428	0.0478	0.0461	0.0503	0.0407	0.0434	0.0413
11	0.0504	0.0402	0.0436	0.0380	0.0447	0.0389	0.0420	0.0348
12	0.0495	0.0397	0.0421	0.0324	0.0436	0.0376	0.0400	0.0295

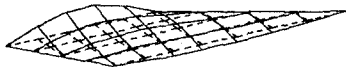
さらに、横構の有無による差異についてみると、立体解析および平面解析のいずれの場合においても、かなりの違いがある。横構が占める鋼重は、斜角格子桁橋全体の鋼重に比較して小さいものであるが、固有振動数に与える影響は大きい。一般的に、固有周期が小さい値となっており、横構が斜角格子桁橋全体の剛性を高めているものと考えられる。次に、求められた固有振動モードについて考えてみよう。図-3には立体固有振動解析による固有振動モードが示されている。第1次モードは橋軸方向の長辺、第2次モードは橋軸方向の短辺が卓越するモード形である。第5次、9次モードには、水平曲げ振動が支配的なモード形が現れている。横構を考慮した場合にはこの5次モードが4次モードに対応し、モードの順序が入れかわっている。第7次モードはねじり振動が支配的なモード形であると考えられる。

図-4には、縦断勾配を無視した斜角格子桁橋の平面固有振動解析による固有振動モードが示されている。立体固有振動解析の場合と同様に、第1から第4次の固有振動モードは、橋軸方向の長辺あるいは短辺が卓越した鉛直曲げ振動が支配的である。当然のことなが

M0DE=1 TCM=0.40941



M0DE=2 TCM=0.22152



M0DE=3 TCM=0.12918



M0DE=4 TCM=0.10898



M0DE=5 TCM=0.10716



M0DE=6 TCM=0.07123



M0DE=7 TCM=0.06416



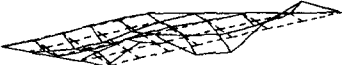
M0DE=8 TCM=0.06378



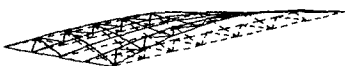
M0DE=9 TCM=0.05550



M0DE=10 TCM=0.05440



M0DE=1 TCM=0.37266



M0DE=2 TCM=0.20389



M0DE=3 TCM=0.12414



M0DE=4 TCM=0.09694



M0DE=5 TCM=0.09618



M0DE=6 TCM=0.06636



M0DE=7 TCM=0.06134



M0DE=8 TCM=0.05933



M0DE=9 TCM=0.05310



M0DE=10 TCM=0.05034



図-3 斜角格子桁橋の立体固有振動解析による固有振動モード

ら、立体固有振動解析で現れた水平曲げ振動モードは、この平面解析結果には生じていない。したがって、第7次のねじり振動モードは平面解析の第6次固有振動モードに対応し、第10次の鉛直曲げ振動モードは第8次固有振動モードに対応していることがわかる。

5. あとがき

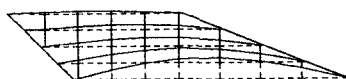
本研究では、縦断勾配を有する斜角格子桁橋の固有振動解析を行い、曲げねじり剛性、横構の影響について検討した。

本橋の特徴である鋭い斜角および縦断勾配を有する格子桁橋では、立体および平面解析において、両者に顕著な差異はない。つまり、斜角および縦断勾配が固有振動数に与える影響は比較的小さいものと考えられる。また、曲げねじりの影響も比較的小さいことがわかった。しかし、横構の存在が固有周期に与える影響が大きいことがわかった。なお、本研究の数値計算には、北海道大学大型計算機センターのHITAC M-682とS-810システムを利用した。

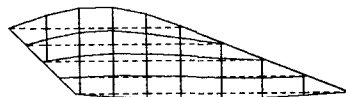
(参考文献)

- 1) 井上・見延・渡辺・林川・村山：斜角CS橋の施工と現場載荷実験、土木学会北海道支部論文報告集、第45号、1989。
- 2) 井上・渡辺・林川・村山：斜角格子桁橋の桁倒れの解析と実験、土木学会北海道支部論文報告集、第45号、1989。
- 3) 林川：Vレグラーメン橋の固有振動解析とその精度の検討について、構造工学論文集、1989。

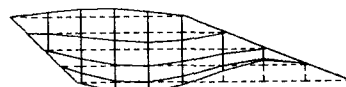
MODE=1 TCM=0.40824



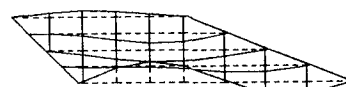
MODE=2 TCM=0.21935



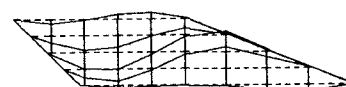
MODE=3 TCM=0.12782



MODE=4 TCM=0.10809



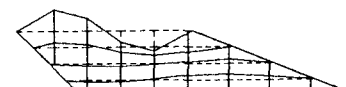
MODE=5 TCM=0.07057



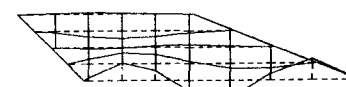
MODE=6 TCM=0.06397



MODE=7 TCM=0.06179



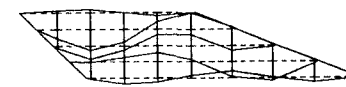
MODE=8 TCM=0.05408



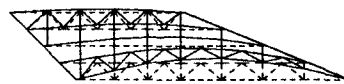
MODE=9 TCM=0.05020



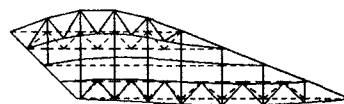
MODE=10 TCM=0.04788



MODE=1 TCM=0.37180



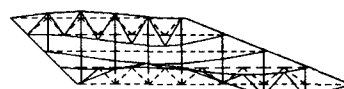
MODE=2 TCM=0.20306



MODE=3 TCM=0.12371



MODE=4 TCM=0.09581



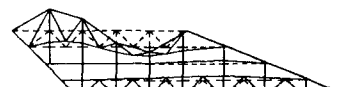
MODE=5 TCM=0.06615



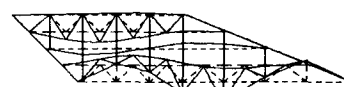
MODE=6 TCM=0.06119



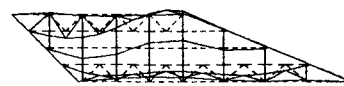
MODE=7 TCM=0.05911



MODE=8 TCM=0.05017



MODE=9 TCM=0.04456



MODE=10 TCM=0.04348

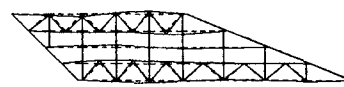


図-4 斜角格子桁橋の平面固有振動解析による固有振動モード