

I-B 68

波型鋼腹板桁の3次元固有値解析法と解析例

フジエンジニアリング 正会員 田中 浩
金沢工業大学 正会員 本田 秀行

1. まえがき 本研究では、波型鋼腹板桁の3次元構造モデル化による固有値解析を実施するにあたって重要な要素分割モデルの作成法、および支点部での拘束条件に対する解析条件を明確にすることを目的として、解析上の問題点に検討を加えている。さらに、その解析条件に基づく解析結果の一例も示している。

2. 解析モデル 図-1に解析で使用した波型鋼腹板桁を示す。この桁の材料特性として支間長6m、ヤング率 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比0.3、単位体積重量 7.85 tf/m^3 の等方性線形弾性体にモデル化した。3次元自動要素分割は、汎用有限要素解析システムCAEDSに格納されているプリプロシジャー用ソフトのSUPERを用いた。本研究では、要素モデルとして4角シェルの中間に中点を設ける8節点薄肉シェル要素にモデル化した。波型鋼腹板桁は、腹板が面外方向に波型形状になっており上下フランジ溶接されている。このため、腹板の波型形状を忠実に要素分割する場合、フランジ部も腹板に合わせて要素分割をしなければならない。本解析では、腹板の波型形状を忠実にモデル化することを目標に、3次元の要素分割を行った。図-2に波型鋼腹板桁の要素分割モデルを示す。また、表-1に解析のモデル諸元を示す。本解析でのモデルは、静的解析での使用も考慮して、腹板部を4等分割としているが、2等分割や3等分割での解析も検討した。その結果の一例として固有振動数の比較を示したものが表-2である。この表で認められるように、面外・面内・ねじれ振動ともに各分割における固有振動数がよく一致している。したがって、若干大きめの要素分割であっても、ある程度の精度でもって波型鋼腹板桁の固有振動数が得られるものと思われる。

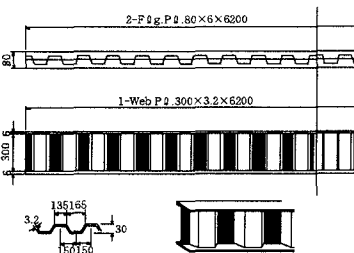


図-1 解析で用いた波型鋼腹板桁

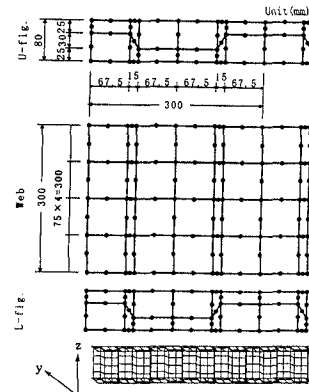


図-2 要素分割モデル

表-1 解析のモデル諸元

	Corrugated girder
Number of elements	960
Number of nodes	3,017
Total weight(N)	940.90

表-2 分割数による固有振動数の変化

		Corrugated web girder (Hz)		
Modes	Vibration modes	2 divisions	3 divisions	4 divisions
1st	Out-plane 1st	3.61	3.61	3.61
2nd	Torsional 1st	8.03	8.09	8.08
3rd	Out-plane 2nd	14.50	14.50	14.50
4th	Torsional 2nd	22.43	22.50	22.48
5th	In-plane 1st	23.45	23.85	23.82
6th	Out-plane 3rd	33.48	33.48	33.47
7th	Torsional 3rd	46.34	46.40	46.38

3. 境界条件 対象とした桁の構造モデルに対して、支間長6m単純支持桁とした固有値解析を行った。解析は、CAEDSに格納されている有限要素解析プログラムSUPERBを用いた。なお、固有値の解法はヤコビの方法を用いている。解析の境界条件として図-3に示したように17通りの拘束条件を考え、解析により検討をした。なお、拘束条件を設定したのは、x,y,z方向の変位のみで回転は自由である。また、表-3にその解析結果を示す。固定支点におけるx方向の変位を拘束する節点が多いと、面外、ねじれ、面内方向の固有振動数の値が大きくなる傾向が認められる。実験値やはり理論による値と比較した結果、拘束条件12,13,14,17が実験値やはり理論による値とよく一致しており、単純支持として妥当であるものと思われる。なお、本解析では、動的実験法との整合や振動モード図の作成などを考慮して、拘束条件14を選択している。表-4に拘束条件14の詳細を示す。さらに、表-5に波型鋼腹板桁の固有振動数の一例として7次振動までを示す。なお、表中のはり理論による値の算出法については、参考文献1)を参照されたい。図-4は、波型鋼腹板桁の1次、2次、5次振動の基本振動モードを示している。波型鋼腹板桁の振動モードは、腹板の局所的な振動モードが見られず、面外、ねじれ、面内振動モードとともに桁全体としての振動モードになっている。

4. まとめ 本研究により、波型鋼腹板桁の基本的な動的特性を把握するための固有値解析法を確立することができた。この分野における解析上の基礎資料として参考になれば幸いである。

＜参考文献＞1) 本田秀行・田中 浩：波型鋼腹板桁の静的および動的挙動特性に関する基礎的研究，鋼構造年次論文報告集，第2巻，pp.171-178，1994.

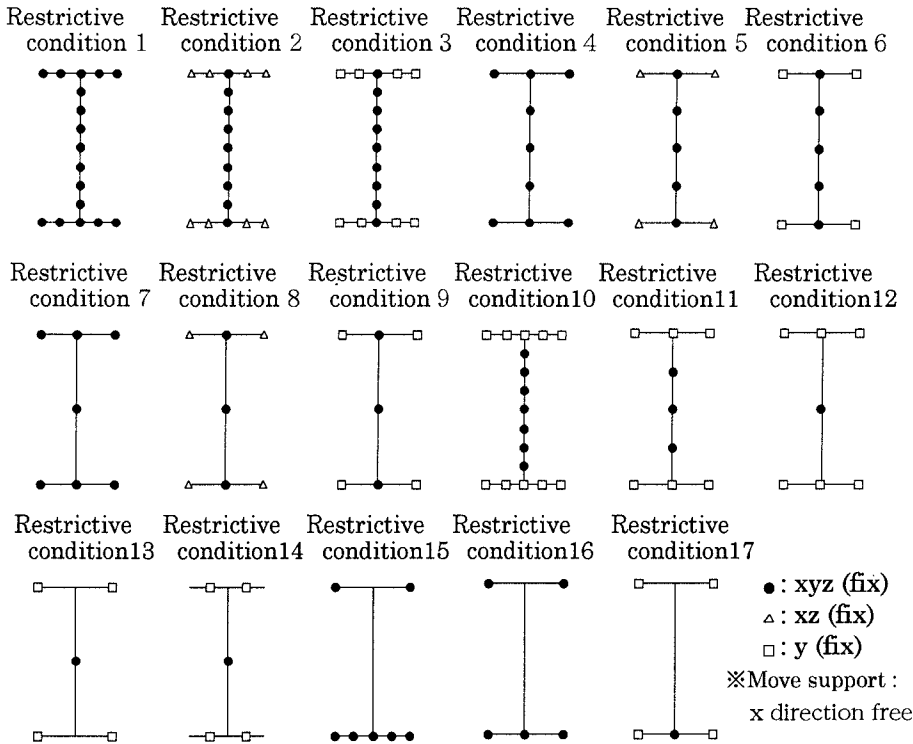


図-3 拘束条件（固定支点）

表-3 各拘束条件における固有振動数

Natural frequency (Hz)									
Vibration modes	Restrictive condition								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Out-plane 1st	5.64	5.64	3.61	5.62	5.60	3.62	5.62	5.60	3.61
Torsional 1st	10.12	10.12	8.37	10.10	10.08	8.35	10.10	10.08	8.35
In-plane 1st	36.64	36.64	33.46	36.40	36.27	33.46	36.38	36.25	33.46
Vibration modes	Restrictive condition								
	10	11	12	13	14	15	16	17	
Out-plane 1st	4.12	3.61	3.61	3.61	3.61	5.62	5.61	3.61	
Torsional 1st	8.45	8.24	8.08	8.08	8.08	10.10	10.09	8.08	
In-plane 1st	34.06	28.09	23.82	23.82	23.82	35.96	35.86	23.62	

表-4 解析の支点条件（拘束条件14）

	Displacement			Rotation		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Fix support ●	Fix	Fix	Fix	Free	Free	Free
Fix support ○	Free	Fix	Free	Free	Free	Free
Move support ●	Free	Fix	Fix	Free	Free	Free
Move support ○	Free	Fix	Free	Free	Free	Free

表-5 波型鋼腹板桁の固有振動数

Modes	Vibration modes	Corrugated web girder		
		Experimental value	Analyzed value	Theoretical value
1st	Out-plane 1st	3.61 (Hz)	3.61 (Hz)	3.90 (Hz)
2nd	Torsional 1st	—	8.08	—
3rd	Out-plane 2nd	—	14.50	15.59
4th	Torsional 2nd	—	22.48	—
5th	In-plane 1st	23.83	23.82	23.46
6th	Out-plane 3rd	—	33.47	35.07
7th	Torsional 3rd	—	46.38	—

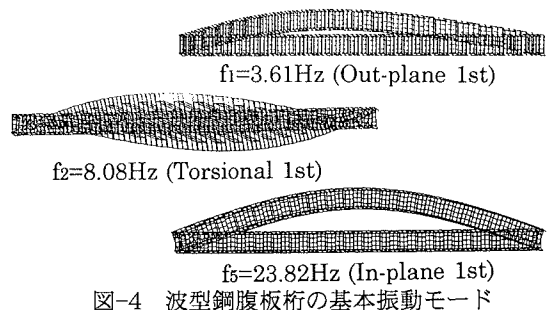


図-4 波型鋼腹板桁の基本振動モード