

1. はじめに

移動荷重が作用する鋼箱桁鉄道橋の局部振動に関しては、荷重速度が大きくなるのに伴って局部振動が増大し、荷重速度が鋼箱桁の極小位相速度に近づくとも局部振動が急激に増大すること、この時の極小位相速度の最小値は300km/h程度であること、等が明らかになっている¹⁾。このような鋼桁の局部振動問題は、極小位相速度の値より通常の道路橋においては検討対象外と考えられる。しかしながら、近年、建設事例が増加している合理化橋では、主桁の少数化や補剛材の省略、鋼板の板厚制限の緩和等が試みられている²⁾ことから、鋼主桁に局部振動が生じやすくなり、その極小位相速度は従来の構造よりも低下することが予想される。

そこで、本研究では、合成2主桁橋を対象に、有限帯板法を用いて局部振動を考慮した場合の位相速度および波動モードを求めて波動伝播特性について検討を行った。さらに、鋼主桁構成板の板厚が極小位相速度の増減に与える影響についても検討した。

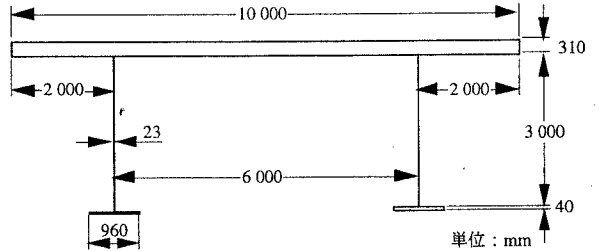


図-1 解析断面

2. 解析モデル

解析には、図-1に示すような断面の両端単純支持PC床版2主桁橋³⁾を用いた。PC床版と鋼主桁は合成しているものとして取り扱い、補剛材、アスファルト舗装、ハンチ部コンクリート、および高欄は省略した。

解析に使用した材料定数を表-1に示す。なお、PC床版の弾性係数は鉄筋を考慮した値となっている。

表-1 材料定数

	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν	単位体積質量 ρ (kg/m ³)
PC床版	32.5	0.16	2500
鋼主桁	206	0.3	7850

3. 解析方法

解析は、有限帯板法を用いて文献1)と同様の方法で行い、合成2主桁橋の部材軸方向半波長を変化させて位相速度および波動モードを求めた。帯板要素への要素分割は、PC床版を10要素、鋼主桁のウェブを12要素、フランジを4要素とした。

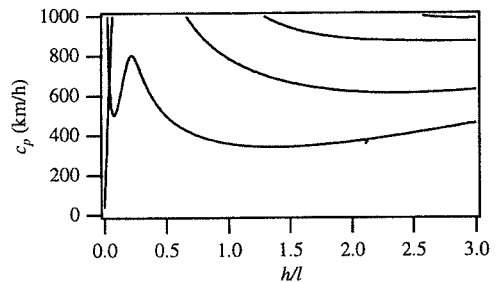
4. 解析結果と考察

本研究では、走行荷重による合成2主桁橋の動的挙動を想定していることから、断面変形モードが鉛直軸に対して対称となる鉛直方向の曲げ振動について検討を行った。

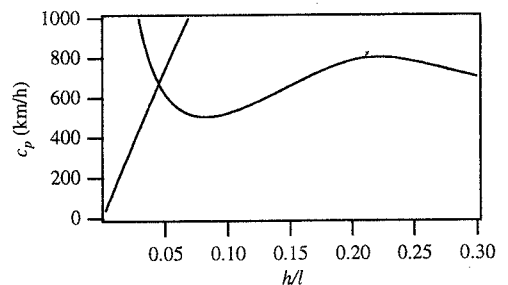
4.1 位相速度分散特性

図-2に位相速度分散曲線を示す。縦軸は部材軸方向に進行する正弦波の位相速度 c_p 、横軸は正弦波の半波長 l に対する主桁のウェブ高さ h の比 h/l で表している。図-2(a)は $h/l < 3.0$ の範囲を表したものであり、図-2(b)は図-2(a)の $h/l < 0.3$ の範囲を拡大して表している。

第1次位相速度分散曲線は、 $h/l < 0.05$ では直線的に変化するが、 $h/l > 0.05$ では h/l の増大に伴って減少した後に増加し、再



(a) $h/l < 3.0$



(b) $h/l < 0.3$

図-2 鉛直方向曲げ振動の位相速度分散曲線

キーワード : 合成2主桁橋、局部振動、位相速度、有限帯板法

連絡先 : 〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11 TEL ; 055-220-8520 FAX ; 055-220-8773

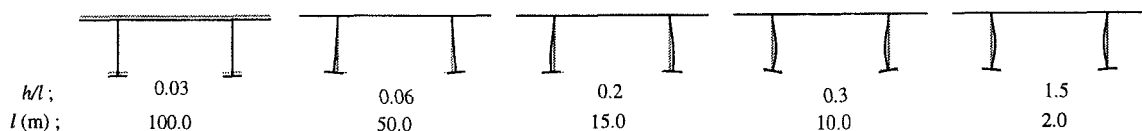


図-3 第1次波動の断面変形モード

度減少して極小値を示している。1. で述べた極小位相速度に着目すると、第1次位相速度分散曲線の極小位相速度は340.8, 503.3km/hであり、いずれも通常の道路橋における車両の走行速度としては対象外の値となっている。

図-2における第1次波動の断面変形モードを図-3に示す。 $h/l=0.03$ では局部的な変形は現れておらず、桁全体の曲げ振動となっている。 $h/l>0.06$ ($l>50.0m$)では鋼主桁に変形が生じているが、PC床版にはほとんど変形が現れていない。鋼主桁部分の変形は、 $h/l=0.06, 0.2$ ではフランジが横方向に変形して片持ちばりのような変形である。 $h/l=0.3, 1.5$ では、フランジはウェブとの接合辺を中心にねじれてウェブ部分の面外曲げ変形が顕著なものとなっている。

また、 $h/l=0.06$ ($l=50.0m$)のときの固有振動数は1.5Hzであり、合理化桁のスパン長は30～60mである²⁾ことを考慮すると、本研究で解析対象とした合成2主桁橋では低周波領域の振動問題においても鋼主桁の局部振動を考慮した検討が必要であることがわかる。

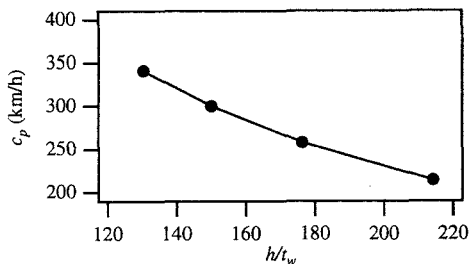


図-4 ウェブ厚による極小位相速度の変化

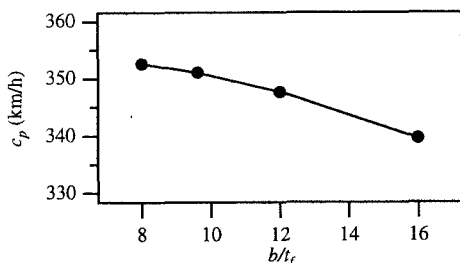


図-5 フランジ板厚による極小位相速度の変化

4.2 鋼主桁構成板の板厚の影響

図-1に示した合成2主桁橋について、鋼主桁のウェブとフランジの板厚の変化が最小極小位相速度に与える影響について検討を行った。

図-4は、ウェブ厚による極小位相速度の変化を示したものである。横軸はウェブ板厚 t_w に対するウェブ高さ h の比 h/t_w で表している。極小位相速度はウェブが薄くなるのに伴って減少するが、 h/t_w が220程度で約200km/hであり、車両の走行速度としては対象外の値であることがわかる。

図-5は、フランジ板厚による極小位相速度の変化を示したものである。横軸はフランジ板厚 t_f に対する片側フランジ幅 b の比 b/t_f で表している。極小位相速度はフランジが薄くなるのに伴って減少するが、 $b/t_f=16$ で約340km/hであり、この場合も車両の走行速度としては対象外の値であることがわかる。

5. まとめ

合成2主桁橋の鉛直方向の曲げ振動について位相速度分散曲線および波動モードを求め、第1次波動の伝播特性について検討を行った。これにより得られた成果をまとめると以下のようになる。

- (1) 極小位相速度は、通常の道路橋における車両の走行速度としては対象外の値となる。
- (2) 断面変形モードは鋼主桁ウェブの面外曲げ変形に支配され、低周波領域の振動問題においても鋼主桁の局部振動を考慮した検討が必要である。
- (3) 極小位相速度は、鋼主桁のウェブあるいはフランジの板厚を薄くすると減少するが、これらの幅厚比が従来の規定範囲内にある場合には通常の車両走行速度までは低下しない。

参考文献

- 1) 岡村美好, 深沢泰晴: 高速列車荷重による鋼箱桁の局部振動に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.511-521, 2000年
- 2) 次世代土木鋼構造研究特別委員会, 合理化桁の設計小委員会: 合理化桁に関するデザインマニュアル, 日本鋼構造協会(報告書), 2000年
- 3) 高橋昭一, 志村勉, 橘吉宏, 小西哲司: PC床版2主桁橋「ホロナイ川橋」の設計および解析・試験研究, 橋梁と基礎, Vol.30, No.2, pp.23-30, 1996年