

(I-30) 移動荷重が作用する鋼箱桁の横方向全体振動に関する解析的検討

山梨大学工学部土木環境工学科 ○正会員 岡村 美好

1. はじめに 列車荷重が作用する鋼鉄道箱桁では、列車速度が高速になるとウェブの面外曲げ振動や桁全体の横方向振動が増大することが新幹線における実橋測定により明らかになっている¹⁾。ウェブの面外曲げ振動が増大するメカニズムについては、著者らが鋼箱桁の位相速度分散特性との関連から明らかにしている²⁾。しかしながら、この研究においては荷重は単一移動荷重であり、桁全体の横方向振動については未検討である。

そこで、本研究では列車荷重を想定した連行荷重が鋼箱桁に作用する場合について、ウェブの面外曲げ振動および桁全体の横方向振動が列車の高速化によって増大するメカニズムを解析的に明らかにすることを試みた。解析では、有限帯板法を用いて鋼箱桁を離散化し、鋼箱桁の位相速度分散特性および移動荷重による動的挙動を求め、桁全体の横方向振動が増大するときの荷重速度と位相速度の関連について検討した。

2. 解析モデル 図-1に解析モデルを示す。これは実橋測定が行われた鋼箱桁の断面³⁾であり、中間補剛材は考慮していない。鋼箱桁の材料定数は、弾性定数 $E=206\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、単位体積質量 $\rho=7850\text{kg/m}^3$ とした。

荷重は、図-2のような列車荷重を想定した連行荷重を11車両分作用させた。応答は、上フランジ中央の鉛直方向変位、フランジとウェブの接合部の水平方向変位およびウェブ上部の水平方向変位ならび加速度に着目した。

3. 解析方法²⁾ 有限帯板法を用いて解析モデルを離散化し、応答計算はモード解析法およびニューマークの β 法 ($\beta=0.25$) を用いて行った。

鋼箱桁は補剛材の存在により一軸対称断面であることから、強軸回りの曲げ振動と縦振動、弱軸回りの曲げ振動とねじり振動の2種類の連成振動が生じる。そこで、モード解析法においては、部材軸方向モードを100次まで採用し、断面変形モードは載荷荷重の対称性を考慮して強軸回りの曲げ振動と縦振動の連成振動モードのみを

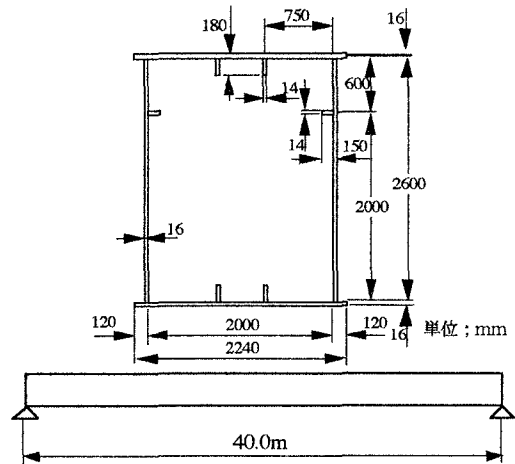


図-1 解析モデル

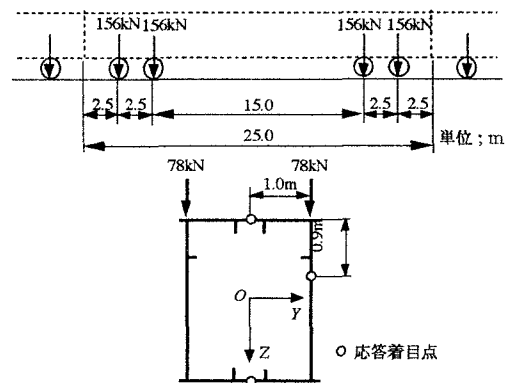


図-2 載荷荷重と応答着目点

対象として各部材軸方向モードについて10次までを採用した。また、モード減衰定数は0.01とした。

4. 位相速度分散特性 図-3に鋼箱桁の部材軸方向に進行する正弦波の位相速度分散曲線を示す。縦軸は位相速度、横軸は正弦波の半波長 l に対する鋼箱桁の桁高 h の比 h/l であり、第4次波動までを示している。また、図-4に $h/l=0.15$ のときの断面変形モードを示す。

$h/l < 0.8$ では、各次の位相速度に差が生じているが、 h/l が大きくなると第1次波動と第2次波動、第3次波動と第4次波動の位相速度はほぼ一致している。

5. 荷重速度と水平変位の関係 図-5に荷重速

キーワード：鋼箱桁，移動荷重，荷重速度，横全体振動

連絡先：山梨県甲府市武田4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科

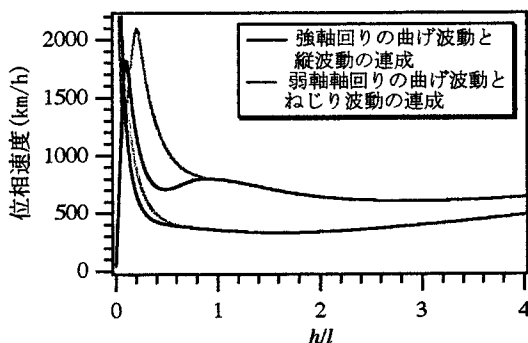


図-3 位相速度分散曲線

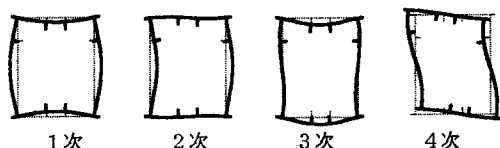


図-4 断面変形モード ($h/l=0.15$)

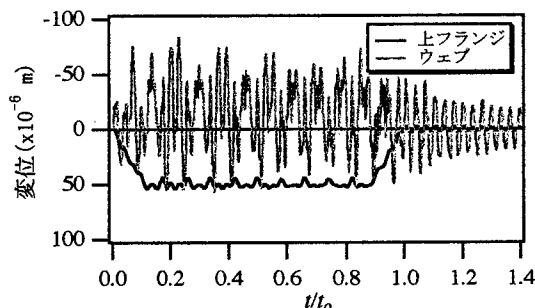


図-5 水平方向変位 ($v_0=180\text{km/h}$)

度が180km/hの時のスパン中央断面の上フランジおよびウェブにおける水平変位応答を示す。横軸の時間 t は全荷重が桁を通過するのに要する時間 t_0 で無次元化して表している。上フランジとウェブには同程度の水平変位が生じている。

荷重が桁上を通過する際にスパン中央断面の各位置に生じる最大水応答量と荷重速度の関係を図-6に示す。上フランジの水平変位は荷重速度が150, 230, 450km/hの時に顕著な増大を示している。ウェブでは300~400km/hにおける複数の荷重速度でも水平変位が増大している。ウェブの水平方向の加速度応答は、荷重速度が位相速度分散曲線の極小値(第1次波動の時331.5km/h)に近づいた場合に顕著な増大を示している。

図-6において最大応答が増大する荷重速度は、図-7より推定できる。図-7の実線は鋼箱桁の位相速度と固有振動数の関係を表し、一点鎖線は鋼箱桁の強軸回りの曲げ振動と縦振動の連成振動の最小固有振動数、点線は荷重間隔と荷重速度から決まる振動数($f=v_0/25.0*n$)を表し

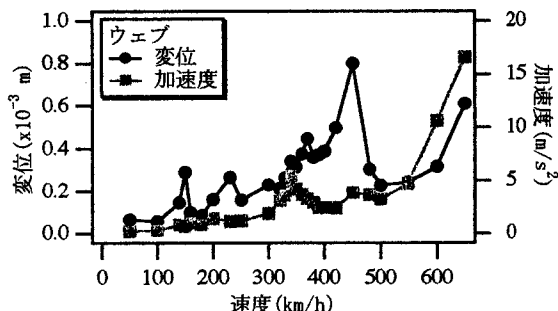
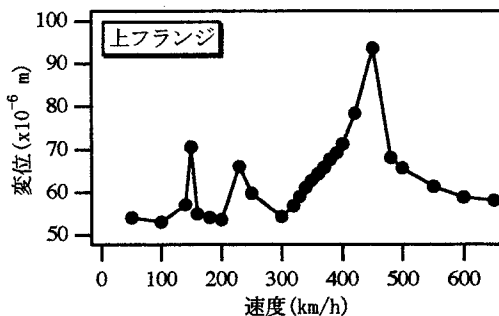


図-6 荷重速度と最大応答の関係

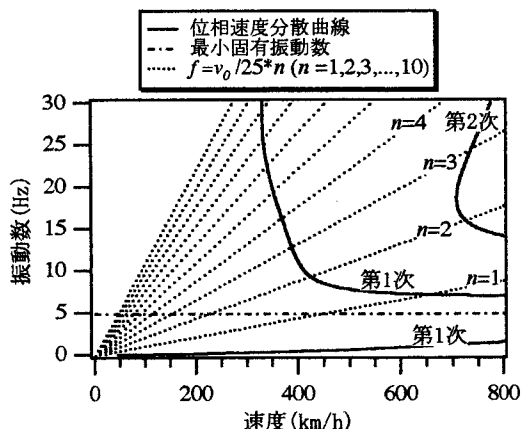


図-7 変位が増大する荷重速度と卓越振動数の関係

ている。図-6と図-7を比較すると、実線あるいは一点鎖線が点線と交差する荷重速度において最大応答が増大することがわかる。

6. まとめ 実橋測定では、列車の高速化に伴って鋼箱桁にねじり振動が増大することが明らかになっている。本研究では、鉛直方向荷重しか考慮していないが、水平方向荷重が作用する場合には同様のメカニズムにより列車の高速化によるねじり振動の増大が予想される。

参考文献 1) 杉本, 三木, 市川, 伊藤: 高速走行下での鋼鉄道箱桁の動的挙動と補剛材下端部の応力, 構造工学論文集, vol.43A, pp.1003-1012, 1997. 2) 岡村, 深沢: 高速列車走行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.