

歩行外力の高次成分とそれに起因した歩道橋の鉛直振動

近畿大学理工学部 フェロー 米田 昌弘

1. はじめに

わが国では、歩道橋の振動応答に及ぼす歩調の高次成分の寄与について、詳細な検討はほとんどなされていない。そこで、本研究では、著者が提案している、パワースペクトルを用いた歩行外力の簡易算定手法¹⁾を適用して、歩行にともなう鉛直歩行外力を計測するとともに、実在歩道橋を対象とした歩行実験を行い、振動応答に及ぼす歩行外力の2倍成分(同位相)と1.5倍成分(逆位相)の寄与について検討を加えた。

2. 歩行外力の高次成分を把握するための歩行実験

男子学生 Na (173cm, 676N) が 20m の直線区間(建物内の通路)を歩いた場合に計測した、右腰部と左腰部の加速度波形(120回/分=2.0回/秒に設定した電子メトロノームの発音音にあわせて歩行した実験結果)をFFTでスペクトル解析した。右腰部と左腰部におけるスペクトル解析結果をそれぞれ図-1, 図-2に示す。これらの図より、右腰部のみならず左腰部についても、歩調の2倍, 3倍に相当する成分に加え、歩調の0.5倍, 1.5倍, 2.5倍に相当する成分が含まれていることがわかる。そこで、右腰部と左腰部の鉛直波形を合計して平均した(2で割った)鉛直加速度波形をスペクトル解析することとした。その結果を図-3に示す。この図から、右腰部と左腰部の鉛直波形を平均した鉛直加速度波形には0.5倍, 1.5倍, 2.5倍などの周波数成分がほとんど含まれず、歩調成分に加え、2倍成分や3倍成分などの整数倍の周波数成分のみが卓越していることがわかる。それゆえ、2倍や3倍などの周波数成分は左右の腰部で同位相を呈する成分であるのに対し、0.5倍, 1.5倍, 2.5倍などの周波数成分は左右の腰部で逆位相を呈する波形成分であると言える。なお、これは本研究で初めて明らかにされた知見である。

3. 実在する歩道橋を対象とした歩行実験

(1) 対象とした歩道橋

対象とした歩道橋を写真-1に示す。この歩道橋は

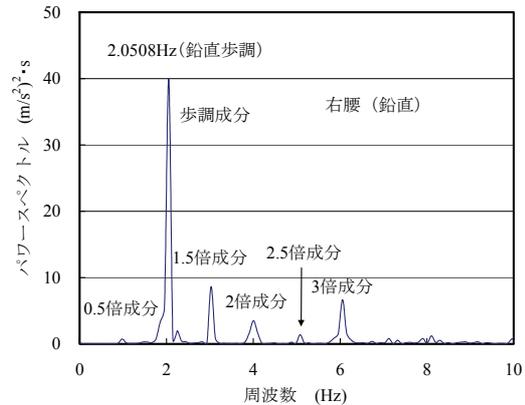


図-1 男子学生 Na の右腰部でのスペクトル解析結果

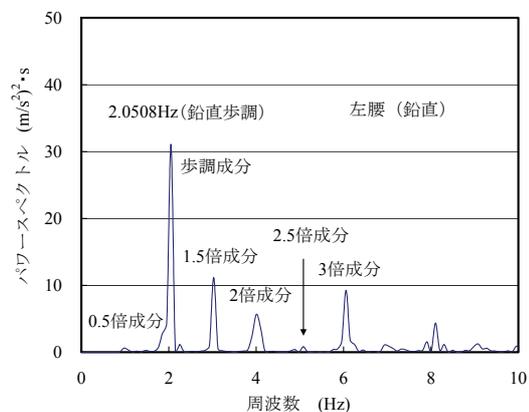


図-2 男子学生 Na の左腰部でのスペクトル解析結果

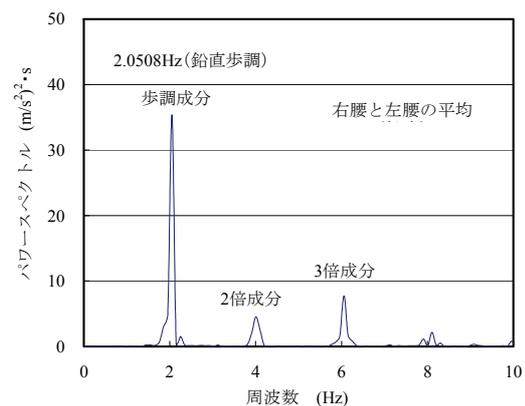


図-3 男子学生 Na の右腰部と左腰部での鉛直波形を平均した場合のスペクトル解析結果

大阪府八尾市に架設されており、実験で対象とした区間の支間長は約33m、有効幅員は1.5mである。ち

キーワード：歩道橋, 歩行実験, 鉛直歩行外力, 高次成分

連絡先：〒577-8502 東大阪市小若江3-4-1 TEL 06-6721-2332 FAX 06-6730-1320

なみに、写真では連続桁橋に見えるが中間橋脚上の桁部はヒンジとなっており、構造的には単純桁形式である。なお、人力加振実験の結果、対象橋梁の基本振動数は約2.8Hzであり、10Hz以下には他の振動モードは存在しないことがわかった。

(2) 歩行実験の概要

電子メトロノームの発信音に合わせて、男子学生Ma(身長は167cm, 体重は530N)が対象とした区間(約33m)の端部から端部を歩行する実験を実施した。ちなみに、電子メトロノームの発信音は75回/分=1.25回/秒(歩調は1.25歩/秒)~132回/分=2.2回/秒(歩調は2.2歩/秒)に設定したが、鉛直歩行外力の歩調成分のみを考慮した場合、この歩調範囲であれば非共振歩行(歩道橋の基本振動数は約2.8Hz)と考えて差し支えない。ただし、1.25回/秒~1.65回/秒を2倍した2倍成分の周波数は2.5Hz(歩/秒)~3.3Hz(歩/秒)となり、鉛直歩行外力の2倍成分は歩道橋の基本振動(基本振動数は約2.8Hz)と共振する可能性がある。また、1.7回/秒~2.2回/秒を1.5倍した1.5倍成分の周波数は2.55Hz(歩/秒)~3.3Hz(歩/秒)となり、鉛直歩行外力の1.5倍成分は、同様に、歩道橋の基本振動(基本振動数は約2.8Hz)と共振する可能性があると考えられる。

(3) 実験結果と考察

はじめに、実験時の設定歩調と桁中央点における最大加速度の関係を整理した。その結果を図-4に示す。なお、ここで、桁中央点における最大加速度は、2.3Hz-3.5Hzのバンドパスフィルター処理した波形から算出した値である。図-4から、最大応答は1.42Hzと1.90Hz付近に2つのピークが認められ、いずれも歩道橋の基本振動数である2.7832Hzと大きく相違していることがわかる。

そこで、実験時の設定歩調を2.0倍した設定歩調×2.0と最大加速度の関係を整理することにした。その結果を図-5に示す。この図より、図-4の1.4Hz付近に認められた応答のピークは、鉛直歩行外力の2倍成分に起因した振動であることがわかる。また、結果は省略するが、実験時の設定歩調を1.5倍した設定歩調×1.5と最大加速度の関係を整理した結果、図-4の1.9Hz付近のピークは鉛直歩行外力の1.5倍成分に起因した振動であることがわかった。

4. まとめ

歩行外力の逆位相成分とそれに起因した歩道橋の



写真-1 対象とした歩道橋

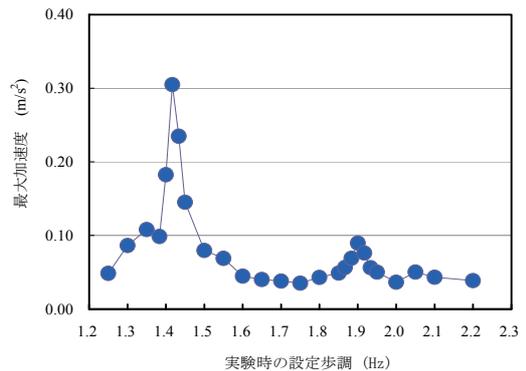


図-4 設定歩調と最大加速度の関係 (2.3Hz-3.5Hzのバンドパスフィルター)

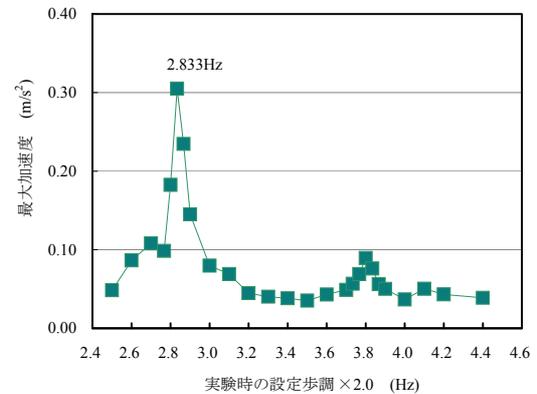


図-5 設定歩調×2.0と最大加速度の関係 (2.3Hz-3.5Hzのバンドパスフィルター)

振動は、本研究によってはじめて明らかにされた知見であり、今後は動的応答解析結果との対比なども含めて研究を継続する所存である。

参考文献

1) 米田昌弘: 加速度波形のパワースペクトルを用いた歩行者の歩行特性簡易算定法, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.67, No.3, pp.539-544, 2011.