

近畿大学総合理工学研究科 学生員 ○和田 譲司
近畿大学理工学部 正会員 米田 昌弘
近畿大学理工学部 沢 栄治
近畿大学理工学部 志渡澤 義孝

1. はじめに 単純桁形式歩道橋の動的応答解析は、基本振動数（たわみ対称 1 次振動数）と 2 次以上の固有振動数が十分に離れていることから、一般には基本振動数のみを考慮している。これに対し、吊形式歩道橋では歩調範囲内に多数の振動モードが比較的接近して存在することから、これらを考慮した動的応答解析を実施する必要がある。そこで、本研究では、文献¹⁾の吊床版橋を対象として動的応答解析を実施し、歩行者によって誘起される動的応答特性を検討した。

2. 対象とした吊床版橋と解析条件 本研究で対象とした橋梁は、表-1 の構造諸元を有する橋梁である。固有振動解析にあたっては、図-1 に示すように、ケーブル緊張力による幾何学的な復元力を部材Ⅰで、床版部分の曲げ剛性や伸び剛性を部材Ⅱでモデル化した。固有振動解析結果を表-2 に示す。本研究では、対象とする歩調範囲を 1.48 歩/秒～2.58 歩/秒に設定した動答解析にあたっては、1 次から 6 次までの固有振動モードを考慮し、構造減衰については振動試験で実測された値を使用することとした。また、歩行者は、実橋の歩行試験時と同じく、体重を 77 kgf に設定し、さらに、たわみ振動とねじれ振動が近接した影響を考慮できるよう、歩行者は吊床版橋の端部（部材Ⅰ）上を歩行するものとした。なお、歩行外力として従来から種々のモデルが提案されているが、本研究では、最も一般的な梶川の歩行外力モデル²⁾を採用するものとした。

表-1 対象とした吊床版橋の構造諸元

名 称	支間長	幅 員	サ グ	重 量	重量慣性 モーメント
烏山城 CC	63.0 m	2.50 m	1.70 m	2.01 tf/m	1.80 tfm ² /m

表-2 対象とした吊床版の橋の固有振動数と対数減衰率

次 数	固有振動数 (Hz)		対数減衰率	振動モード
	実測値	計算値		
1	1.22	1.25	0.030	たわみ逆対称 1 次
2	1.50	1.56	0.047	たわみ対称 1 次
3	2.17	2.24	0.041	たわみ対称 2 次
4	2.54	2.46	0.042	ねじれ対称 1 次
5	3.08	3.03	0.042	たわみ逆対称 2 次
6	3.31	3.45	0.052	ねじれ対称 2 次

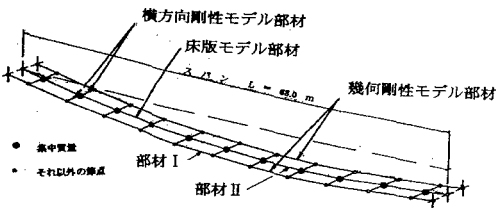


図-1 対象とした吊床版橋モデル

3. 動的応答解析結果と考察

(1) 歩調と速度応答の関係 動的応答解析で得られた、歩調と中央点 (L/2 点) での速度応答の関係を図-2 に示す。この図より、歩行者による速度応答には、1.56 歩/秒と 2.46 歩/秒付近に鋭い明確なピークが現れていることがわかる。一方、たわみ対称 2 次振動の共振歩調である 2.24 歩/秒付近の歩調域でも、速度応答は明らかに大きくなっているが、2.20 歩/秒～2.30 歩/秒付近では頂部の欠けたピーク性状を呈し、速度応答もたわみ対称 2 次振動の共振歩調と異なる 2.30 歩/秒付近で若干であるが最も大きな値を示す結果となっている。それゆえ、共振歩行試験を実施した場合、歩調が共振歩調と 2%～3% 程度相違しても、単純桁形式歩道橋の場合と異なり、速度応答の最大値も著しく低下しない可能性があるものと推察される。

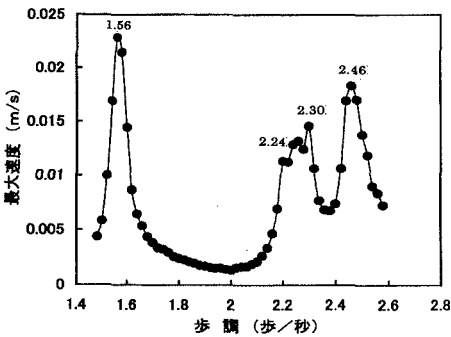


図-2 歩調と速度応答の関係

(着目点; 中央点, 歩行レーン, 部材Ⅰ)

(2)うなり波形に対する考察 図-3と図-4は2.24歩/秒と2.30歩/秒で歩行した場合の速度応答波形であるが、これの図から、いずれの歩調においても、うなり性状の波形を呈していることがわかる。一般に、うなりは2つの振動モードが同時に誘起された場合に生じることから、たわみ対称2次(3次)とねじれ対称1次(4次)がそれぞれ誘起されている可能性がある。このことを検討するため、2.24歩/秒と2.30歩/秒の歩調で、中央部(部材Ⅱ)上を歩行した場合について、新たに動的応答解析を実施した。結果は省略するが、ねじれ対称1次振動が誘起されないよう、中央部上を歩行させたにも係わらず、応答波形には依然としてうなりが存在し、かつ、速度応答の最大値も端部(部材Ⅰ)を歩行した場合とほぼ等しい結果となっていた。そこで、図-3、図-4に示した応答波形をFFTでスペクトル解析することとした。その結果を図-5、図-6に示す。図-5から、2.24歩/秒で歩行した場合、たわみ対称2次の固有振動数とほぼ等しい2.22Hz成分のみが卓越していることがわかる。それゆえ、2.24歩/秒で歩行した場合に認められたうなりは、2つの振動モードに起因したものでないと断言できる。なお、2.24歩/秒で歩行した場合に認められたうなり波形は、以下のように考えれば理解できる。すなわち、誘起される振動がたわみ対称2次のみであっても、振動モードに対応して、歩行外力が加振力→制御力→加振力と変化するため、見かけ上、うなり状の応答波形を呈したものと言える。これに対し、2.30歩/秒で歩行した場合、図-6からわかるように、2.25Hzと2.29Hz成分が卓越している。前者の2.25Hz成分はたわみ対称2次の固有振動数に、後者の2.29Hz成分は歩調の周波数成分に、ほぼ対応している。すなわち、図-4に示したうなり波形はこの両者によって引き起こされたので、ねじれ対称1次モードとの連成は認められないことがわかる。

4. まとめ 吊床版橋のように歩調付近に多くの振動モードが比較的接近して存在しても、動的応答に及ぼす近接モードの影響は無視でき、それぞれ単独の振動モードについて共振歩調時における動的応答量を算出できれば、歩行者による吊床版橋の使用性を十分に検討できることがわかった。

参考文献 1)梶川康男他：PC吊床版歩道橋の振動とその使用性，構造工学論文集，Vol.36A,1990年3月。

2)梶川康男：振動感覚を考慮した歩道橋の使用性照査に関する研究，土木学会論文集，第325号，1982年9月。

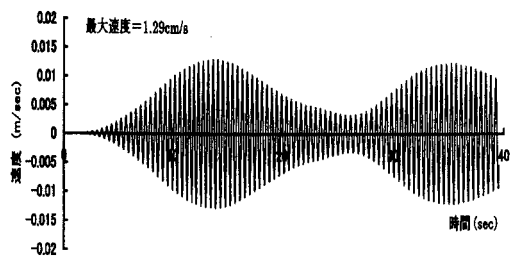


図-3 2.24歩/秒で歩行した場合の速度応答波形

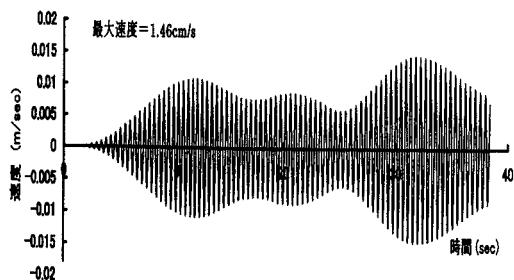


図-4 2.30歩/秒で歩行した場合の速度応答波形

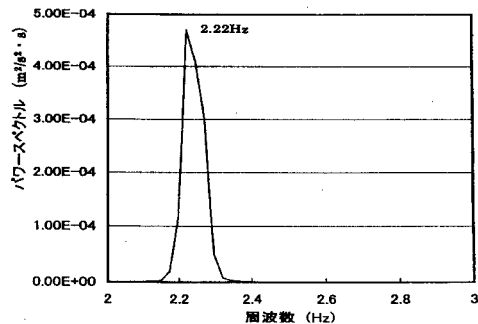


図-5 スペクトル解析結果

(2.24歩/秒で部材Ⅰを歩行した場合)

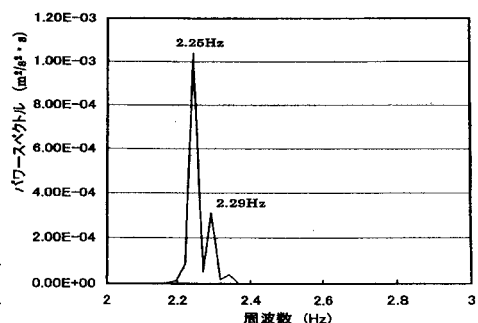


図-6 スペクトル解析結果

(2.30歩/秒で部材Ⅰを歩行した場合)