

歩道橋の現地歩行振動実験による振動使用性評価

神戸大学工学部
神戸大学大学院

フェロ
学生員

川谷充郎
井上 毅

神戸大学工学部
大阪市建設局
(株)ニチゾウテック

学生員○高橋一樹
横田哲也
正会員 小林義和

1.まえがき 近年，歩道橋の多種多様化に伴う支間長・幅員の増大あるいは景観設計などにより，歩道橋の歩行者による共振に伴い歩行者の不快感が懸念されている^{1),2)}．本研究では，支間長 30.19m，幅員 3.4m の歩道橋において，歩行者による現地振動実験を行う．それと併行して振動感覚アンケート調査を行い 振動速度と比較し，振動使用性を検討する．

2.振動実験概要 2.1 測定機器 加速度計（容量 1G ひずみゲージ型）を Fig.1 に示す桁中央の の地点に設置する．サンプリング周波数を 200Hz に設定して，デジタル変換したデータをパソコンに収録する．

2.2 実験手順 まず，加振 - 減衰自由振動計測から歩道橋の固有振動数を求める．その後 歩道橋上で 1 人歩行，1 人共振走行，2 人共振走行，1 列群集歩行，2 列群集歩行，ランダム群集歩行の 6 ケースについて，歩行・走行中の鉛直方向加速度を測定する．同時に歩行者および橋上で静止している人に対して振動感覚アンケート調査を行う．

3.実験結果 3.1 固有振動特性 加振 - 減衰自由振動計測により得られた加速度波形から，固有振動数に関しては周期を読み取り，逆比をとって求めている．対数減衰率について，振幅依存性を考慮し，曲げ加速度振幅の幅を $1.1 \sim 0.56(m/s^2)$ ， $0.64 \sim 0.13(m/s^2)$ ， $0.14 \sim 0.080(m/s^2)$ ，ねじれ加速度振幅の幅を $0.46 \sim 0.12 (m/s^2)$ に設定して算出する．これらの結果を Table 1 に示す．

はりモデルによる固有値解析の結果は，一次振動モードが 2.5Hz となる．断面設計の際には考慮されない剛性要素（高欄，化粧版など）の影響により解析の固有振動数が若干低くなることを考えると，実測の一次のたわみ振動モードの固有振動数 2.67Hz は妥当な結果である．

また，対象桁の振動モード形状を Fig.2 に示す．モード形状が支間中央を軸とする左右対称となっておらず $(3/8) \cdot L$ の地点で最大となっている．これは，対象歩道橋が斜橋となっていることが原因であると推察される．

3.2 速度応答 Fig.3，Fig.4 に，1 人・2 人歩行・走行，群集歩行それぞれのケースの代表的な速度波形を示す．図から，2.0Hz 歩行と群集歩行においては，波形がランダムとなっており，2.7Hz 走行においては曲げ固有振動数成分が卓越していて最も振幅が大きい．群集歩行では，歩行者が 1 列の場合に比べ，2 列の場合の振幅が大きくなっている．さらに，ランダム歩行になると振幅が最も大きくなることが分かる．これは，1 列，2 列歩行・走行

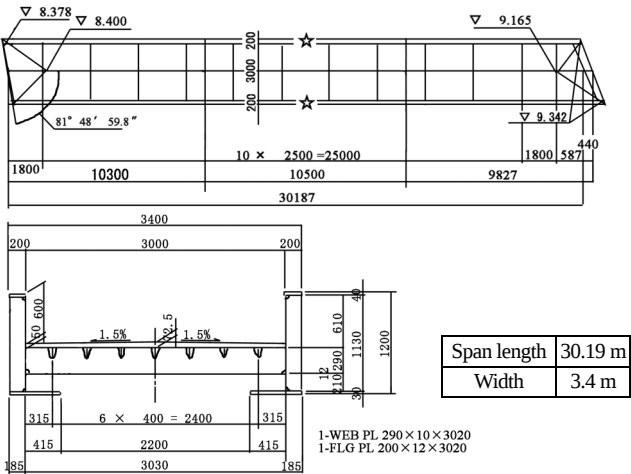


Fig.1 General view of bridge

Table 1 Natural frequency and Logarithmic decrement

	Natural frequency (Hz)	Damping		
		Acceleration range (m/s ²)	Logarithmic decrement	
Bending	2.67	0.079 ~ 0.148	0.017	0.016
		0.077 ~ 0.142	0.014	
		0.130 ~ 0.638	0.031	0.033
		0.127 ~ 0.636	0.035	
		0.561 ~ 1.045	0.030	0.028
		0.566 ~ 1.074	0.028	
		0.568 ~ 1.153	0.026	
		0.560 ~ 1.104	0.026	
Torsion	3.60	0.12 ~ 0.69	0.131	0.109
		0.10 ~ 0.49	0.087	

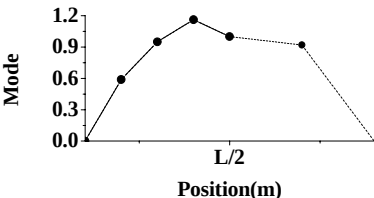


Fig.2 Mode shape

キーワード：歩道橋，歩行振動実験，振動使用性評価，振動感覚調査

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科 Phon:078-803-6278, Fax:078-803-6069

のときと異なり，走行する人間が混じっており，共振しているためであると考えられる．
3.3 振動感覚調査 Table 2に掲げるアンケートの選択肢を用いて振動感覚を数値化する．得られた振動感覚を評価するにあたって，速度応答値を実効値に変換し，振動使用性の検討を行う^{3),4)}．

得られたアンケート結果の集計を Fig.5 に示す．参考のために，梶川らの実験結果もプロットしている．梶川らの結果は計量心理学上の閾値の定義により，反応が起きる確率が 50% の刺激値である RMS を出しており，特定の

実効値と感覚量を比較している本研究とは表し方が違うためあくまで参考としてプロットしている^{3),4)}．

Fig.5 からアンケート対象が移動している場合には，1 人・2 人歩行・走行，群集歩行ともに感覚量はほぼ 1~2（感じない~少し感じる）におさまっており，感覚量が小さいといえることができる．

またアンケート対象が静止している場合においても，1 人・2 人歩行，群集歩行では感覚量が 1~3（感じない~明らかに感じる）に収まっており，それほど揺れを感じていないことが分かる．

一方，アンケート対象が静止している場合に，1 人・2 人走行に関しては，感覚量が 3~5（明らかに感じる~苦痛である）となっており，かなり揺れているとアンケート対象者が感じていることが分かる．

一般に，振動に対する反応は女性が男性より敏感であり，また高齢になるにつれ反応は敏感である²⁾．本研究ではアンケート対象者が全員男性であり，かつ男子学生で大半が占めているため，振動に対する反応は一般の歩行者全体に比べると鈍いのではないかと推察される．

[参考文献]

- 1) 田中信治・加藤雅史：設計時における歩道橋の振動使用性照査法，土木学会論文報告集，No.471，pp.77-84，1993 年 7 月．
- 2) 小幡卓司・林川俊郎・佐藤浩一：人間の振動感覚に基づいた歩道橋の使用限界状態に関する研究，土木学会論文報告集，No.537，pp.217-231，1996 年 4 月．
- 3) 梶川康男・小堀為雄：振動感覚を考慮した歩道橋の確率論的設計，土木学会論文報告集，No.285，pp.23-33，1979 年 5 月．
- 4) 梶川康男：振動感覚を考慮した歩道橋の使用性に関する考察，土木学会論文報告集，No.325，pp.23-33，1982 年 9 月．

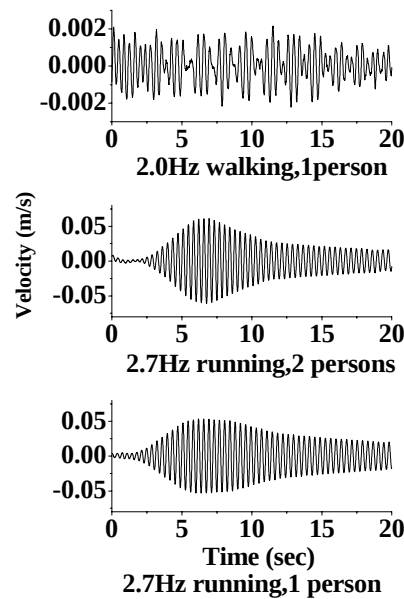


Fig.3 Velocity response (1 or 2 persons walk)

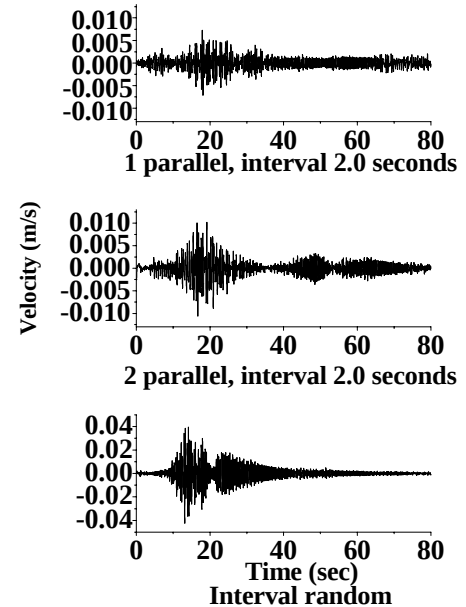


Fig.4 Velocity response (Crowd walk)

Table 2 Number of Oscillating feeling

No.	歩行・走行状態	静止状態
1	感じない	感じない
2	少し感じる	少し感じる
3	明らかに感じる	明らかに感じる
4	少し歩き(走り)にくい	不快である
5	大いに歩き(走り)にくい	苦痛である

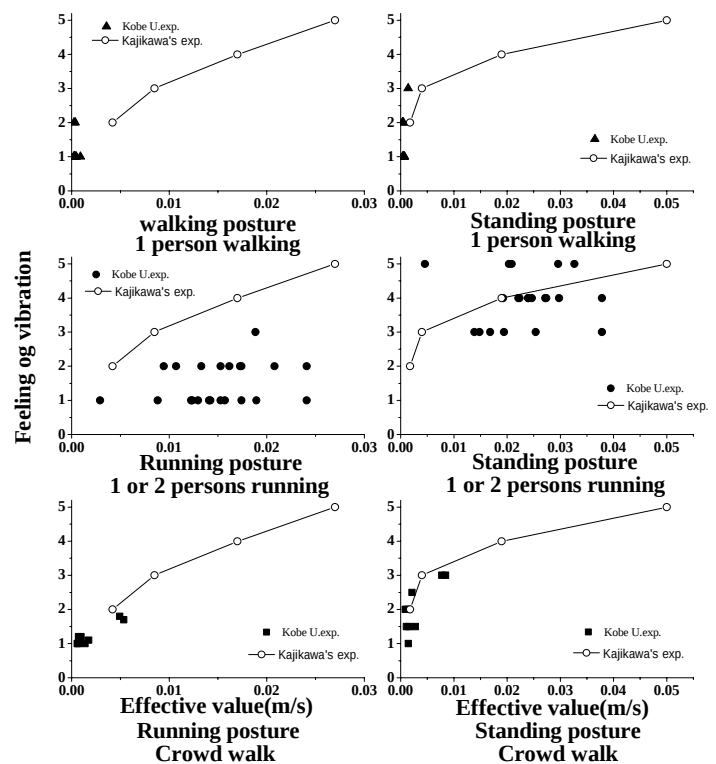


Fig.5 Questionnaire results