

I - B240

歩行踏力と歩道橋の振動特性の測定

オイレス工業 正会員 横川 英彰
 日本大学大学院理工学研究科 菅 崇
 日本大学理工学部 正会員 塩尻 弘雄

1. まえがき

歩道橋の使用性の検討の際行う、振動シミュレーションにあたって重要なのは、歩行者が加える歩行踏力である。既往の研究では、Wheeler の研究¹⁾、小堀、梶川の研究²⁾、最近では小幡³⁾らの研究があるが、橋梁の応答のみについて着目しているため実際の人間の歩行について忠実に表現している方法ではない。ここでは、歩行踏力をフォースプレートによって測定しモデル化を行い、歩道橋の数値シミュレーションを行って、実際の歩道橋で行った実験と比較して検証した。

2. 研究の方法

歩行時の床板に作用する力を明らかにする為、文献¹⁾を参考に図-1 のようなフォースプレートを試作した。これは、梁の支点に生ずる応力をひずみゲージで測定するもので、梁を複数にすることで床に加わる荷重の移動も測定できる。踏力測定を、I 歩道橋（表-1）上で行い、あわせて歩行者の運動及び歩道橋の応答も観測することとした。

歩行者の歩調が、踏力や歩道橋の応答に及ぼす効果を測定するために、被験者が歩行率 60、92、132、200steps/min で歩き、歩道橋の中央部においたフォースプレートを踏み、歩行踏力、歩行者の腰部上下加速度と歩道橋中点の上下加速度を測定した。

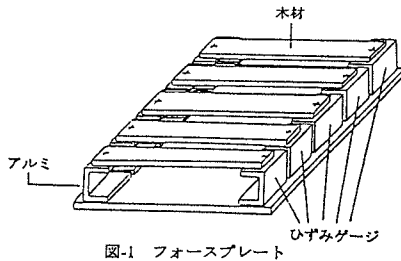


図-1 フォースプレート

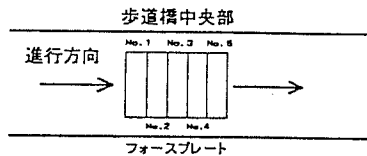


図-2 歩道橋での歩行実験

表-1 I 歩道橋の特性

材料	スパン長	1次の固有振動数	対称減衰率
鋼	36.3m	2.24Hz	0.0051

3. 歩行踏力の測定結果の考察

図-3 に各歩行率の床反力時刻歴波形例を示す。踏力のピークは No.1 から No.5（図-2 参照）へ移動する。歩行率が大きくなると、接床時間は短くなり（60steps/min=平均 0.65sec、92steps/min=0.45sec、132steps/min=0.3sec、200steps/min=0.15sec）、逆に床反力は大きくなる。これは、歩行率が大きくなる程体重心の加速度が大きくなる為である（図-4 参照）。また、200steps/min では No.1,2,3 でほぼ同時に同じ大きさの床反力が測定されている波形例が多い。

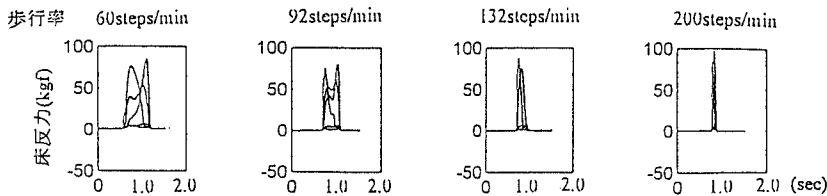


図-3 各歩行率の床反力時刻歴波形（例：被験者C、体重74kgf）

歩道橋、歩行踏力、数値シミュレーション

〒101 東京都千代田区神田駿河台1-8 TEL & FAX 03-3259-0876

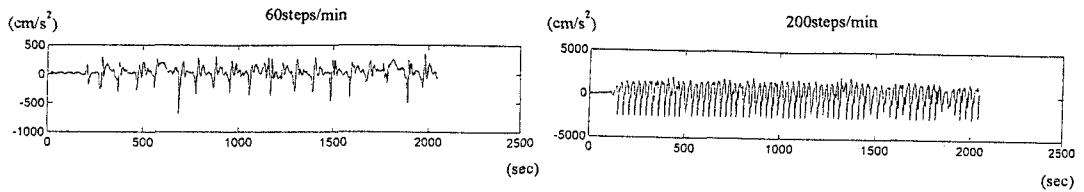


図-4 腰部上下加速度例

4. 歩行踏力のシミュレーション

測定した各プレート上の歩行踏力の合計をなめらかな曲線で近似し、さらに以下のようにして歩調と同期をとった。

- ①余弦関数、正弦関数の周期を歩行率の1/4倍の周期を設定する。
 - ②0クロス付近で歩行力を同期させれば、左右の足からの踏力を所定の歩行率で入力する事が出来る。
- 結果として得られた歩行踏力を図-5に示す。

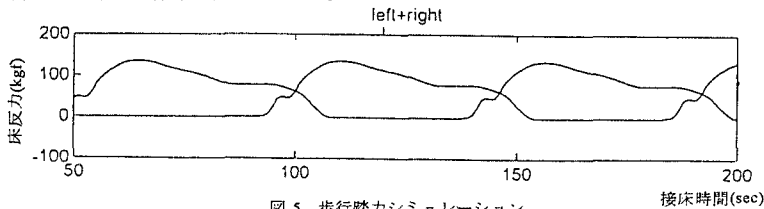


図-5 歩行踏力シミュレーション

5. 歩道橋応答の数値シミュレーション

時間積分法にニューマークの β 法を用い、係数 β は1/6に設定し時間間隔は0.01秒とした。歩道橋のモデル化はモード関数を正弦関数としたモード法を用い、2次モードまで考慮した。又、単位長さ辺りの重量は869kgfとしている。図-6に歩行率132steps/minの歩道橋桁中点加速度、図-7に数値シミュレーションによる歩道橋桁中点加速度を示す。ほぼ一致している。

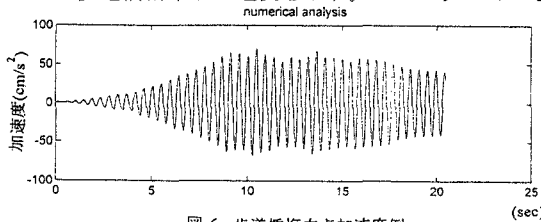


図-6 歩道橋桁中点加速度例

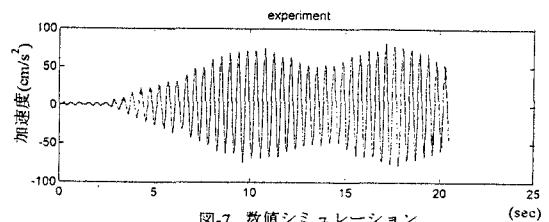


図-7 数値シミュレーション

4. まとめ

- (1) 歩行踏力測定装置を試作し、ひずみゲージを使用したフォースプレートで歩行踏力の特性を明らかにすることが出来た。
- (2) 測定した歩行踏力をもとに踏力のモデル化を行った。
- (3) 歩道橋応答のシミュレーションを行って、実験値とほぼ近い値を得られる事を明らかにした。

参考文献

- 1) Wheeler.J.E: Prediction and Control of Pedestrian Induced Vibration in Foot Bridges J.of The Str. Div. ASCE Vol.108 No.ST9 pp.2045-2065
- 2) 小堀、梶川、木戸: 振動感覚を考慮した歩道橋の設計 橋梁と基礎 1974年12月 pp.23-29
- 3) 小幡、林川、佐藤: 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 土木学会論文集 1996年4月 pp.217-231
- 4) 中村、斎藤: 基礎運動学 医歯薬出版