

PS I-10 人の歩行特性と橋の横方向励振可能性

東京大学 学生員 関口 司 東京大学 学生員 Pennung Warnitchai
 東京大学 正員 Benito Pacheco 東京大学 正員 藤野 陽三
 東京大学 正員 伊藤 學

1. はじめに ある歩道橋において、多数の人の歩行時に大きな水平横方向の振動が観測された。歩道橋における鉛直振動についてはこれまでも報告があるが、水平振動についての報告はこれまでにない。そこで本研究では、力のレベルはかなり小さいが人の歩行には水平方向の力も含まれることに注目し、この力によって振動が励起されるのではないか、という観点からこの問題を考えてみることにした。

2. 橋の揺れと人の歩き方の特性 従来から為されてきた、人の歩き方は各人独立であるという仮定のもとに、橋の水平方向振動の可能性を概算した結果、それでは今回観測されている程大きな振幅が生じる可能性は非常に少ないことがわかった。そこで、橋の水平方向の固有振動数が約 0.9Hzで、一方、人の歩行の振動数は左右一歩ずつで一周期と考えると約 1Hzであり、両者が近いということから、実際に現地で行った測定によって、橋の揺れ方と、歩行者の歩き方の特性を詳しく調べてみた。

橋の揺れについては、橋の桁の中に取り付けた加速度計の記録から、時間を区切って揺れの振幅と振動数を調べてまとめた。歩行者の歩き方の様子については、橋から少し離れたスタンドにビデオカメラを設置し、歩行者が橋を渡る様子を撮影した。橋の上が混雑している時には人の頭の左右の動きが普段より大きくなることを利用し、その動きを通して歩行の振動数を調べることにする。そこで、その撮影したビデオの画面上で、画像解析装置を使って各人の頭の動きを追跡しデジタルデータ化する。得られたデータを頭の左右の動きだけの情報にするため、ハイパスフィルターをかけるなどのいくつかの補正をする。その結果図1の様な時系列データが得られる。まずこのデータより、人の歩行の振動数を調べる。

さきの橋の揺れと橋の上の人の数によっていくつかの時間帯に区切り、各時間帯約20人の平均をとったところ、橋の上が混雑し、橋が大きく揺れている時間帯には、橋の揺れと人の歩行の振動数が非常に近い値になっていることがわかった（表1）。

そこでさらに、橋の上が混雑し、橋が大きく揺れている時間帯における、振動数がほぼ同じもしくは近いデータどうしの関係について調べてみた。その結果、互いに位相までも近いグループがあり、同調して歩いている可能性のあることが推測された。それら同調して歩いていると推測さ

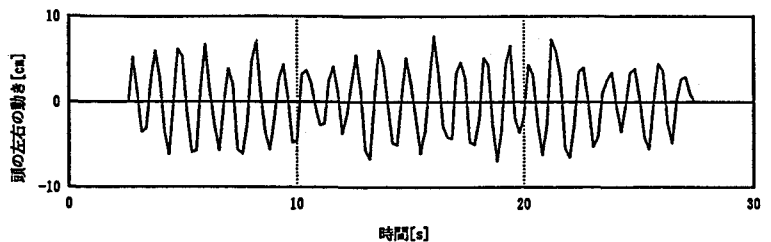


図1 歩行者の頭の左右の動き

表1 歩行の平均振動数と橋の揺れ

人数	歩調 (Hz)	標準偏差	橋の上の人の数	橋の卓越振動数 (Hz)	橋の揺れ
8	0.984	0.113	少ない	1.00	小さい
15	0.830	0.086	多い	0.98	小さい
18	0.848	0.082	非常に多い	0.97~0.90	過渡振動
20	0.864	0.053	非常に多い	0.90	大きい
25	0.658	0.087	次第に少なくなる	****	大きい
25	0.833	0.078	非常に多い	0.92	大きい

れるデータどうしを実際に重ね合わせたところ、最初から最後までという例は少ないが、部分的には同調しているという例が多くあることが分かった(図2)。これら部分的にでも同調していると考えられ

るグループどうしの、橋の上での位置関係についても調べてみた。それらは必ずしも、近くに集まっているわけではなくバラバラなので、人と人がお互いに影響し合った結果として、同調しているということではなく、むしろ、橋の揺れが大きいために人の歩きが影響を受けているためと考えられる。

次に、人の歩き方は必ずしも定常ではなく時間的に変化するものなので、橋の揺れと人の歩く歩調の位相の関係を時間的に区切って、比較することを考える。橋の揺れと同じ振動数の $\sin$ 波を基準にして、その $\sin$ 波と各データとの位相の違いが、時間的にどのように変化するかを調べた。するとやはり、多くのデータが集まる位相帯が認められ(図3)、歩行の平均振動数が橋の揺れの振動数に近いデータには、同調している可能性がある。この解析を行ってみたいことで25人中10人程度の人が同調していると考えられ、歩行者は偶然ではなく橋の揺れのためなど、なんらかの理由で歩調を合わせているということが確認された。

3. まとめ 橋の上が混雑し、橋が大きく水平に揺れているときには、多くの人がその橋の水平振動の振動数に近い振動数で歩いている。このことが起こるのは、橋の上に人が密集しているため、前後左右の人どうしがお互いの歩き方に影響を与えるというよりはむしろ、橋の揺れが人の歩行の振動数に、なんらかの影響を与えていると考えられる。さらに、橋の水平振動

とはほぼ同じ振動数で歩いている人の中には、振動数ばかりでなく、その位相までもそろっている、つまり歩調を合わせて歩いていると考えられるグループが認められる。

これらの結果より、橋がなんらかの原因で水平横方向に振動すると、人の歩行は桁の動きに同調し、さらに大きな歩行力が桁に作用することがわかった。

(参考文献) 松本、佐藤、西岡、塩尻：歩行者の特性を考慮した歩道橋の動的解析に関する研究、土木学会論文報告集 第205号、1972

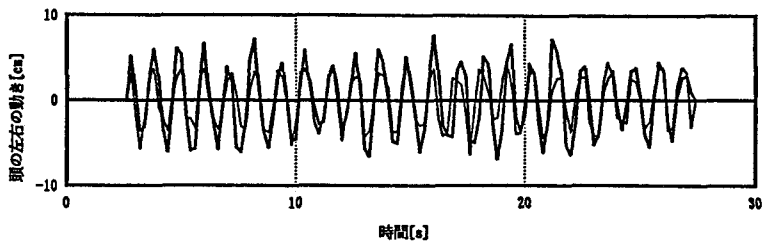


図2 データの重ね合わせ

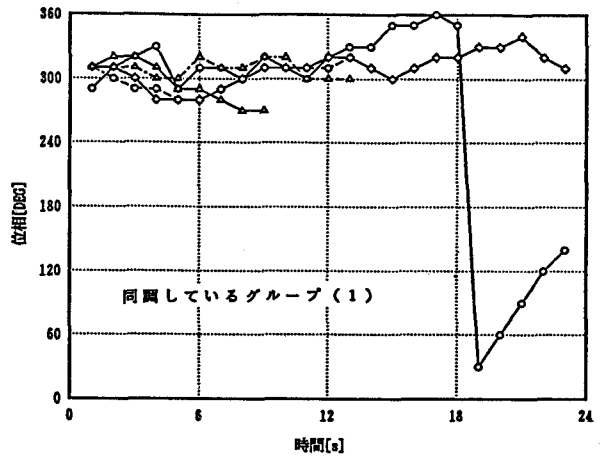


図3 時系列解析

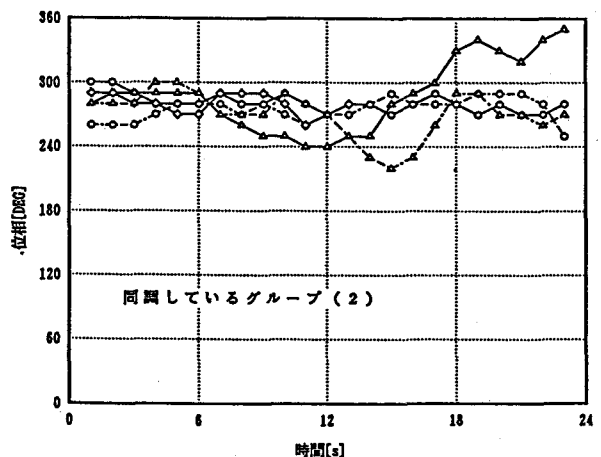


図3 時系列解析